

가상현실 (VR) 및 증강현실 (AR) 기반 의료 시뮬레이션 교육에 관한 연구 동향

성현경 · 신나민*

동국대학교 일반대학원 교육학과

Abstract

Research Trends in Medical Simulation Education Based on Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR)

Sung Hyun Kyung · Shin Na Min*

Department of Education, Graduate school, Dongguk University

Purpose

To develop an educational program using virtual reality (VR) and augmented reality (AR) in oriental medicine education, this study investigated the status of programs currently being used mainly in the fields of medicine, nursing, and dentistry, and was the basis for developing an oriental medicine education program. We plan to use this for future research purposes.

Methods

To investigate medical simulation education using VR and AR technologies, 72 studies were searched using the ProQuest Central Database (period 1.1.2000 to 10.10.2023.) Of these, 22 were selected for analysis.

Results

Among the selected studies, the educational fields of the program were 59% (13 studies) in medicine, 32% (7 studies) in nursing, 9% (2 studies) in dentistry, 73% (16 studies) were VR in terms of applied technology, and 27% (6 studies) in AR.

Conclusions

Recently, research on VR and AR has increased in the medical field. As patient rights and medical environments change, clinical practice education programs using new technologies are needed, in addition to traditional face-to-face practice. Related research is expected to be active in the field of Oriental medicine in the future.

Key words: Virtual reality, Augmented reality, Simulation education

• Received: January 29, 2024 • Revised: February 14, 2024 • Accepted: February 25, 2024

*Corresponding Author: Shin Na Min

Department of Education, Graduate school, Dongguk University, Pil-dong-ro 1 gil 30, Jung-gu, Seoul, 04620, Korea

Tel : 02-2260-3400 / Fax :

E-mail : naminshin@dgu.edu

© The Association of Pediatrics of Korean Medicine. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. Introduction

시뮬레이션 교육이란 다양한 실제 상황을 가상으로 구성하여 학습자의 지식을 향상시키고 술기를 연습시켜 현장에서 시행착오 없이 대처할 수 있도록 하는 교육법으로, 항공·국방 분야에서 처음 시행되어 다양한 분야에서 활용되고 있다¹⁾. 의료분야의 시뮬레이션 교육은 가상의 시나리오를 바탕으로 개발한 시뮬레이터 등을 활용해 임상 상황을 재연하며, 이러한 교육법은 학습자의 동기유발, 자기주도학습, 자기효능감, 문제해결능력, 학습몰입도, 비판적 사고 등의 학습효과를 증가시키고 지식과 임상실습 효과를 향상시켜 관찰 중심이었던 기존 임상실습의 한계를 극복할 수 있는 대안적 교육법이라 할 수 있다²⁻⁴⁾.

보건의료 분야에서 시뮬레이션 교육의 활용은 기술의 발달과 함께 환자 안전에 대한 중요성이 더욱 강조되면서 필수 요소가 되었다⁵⁾. 이전까지 보건의료 교육과정에서는 주로 실제 환자를 대상으로 실습을 진행하였으나, 환자의 권리와 안전에 대한 개념이 발전하면서 환자에게 술기를 시행하기 이전에 충분한 비대면 실습과정의 필요성이 증가하고 있다⁶⁾. 이에 따라 의료 시뮬레이션의 개발과 활용이 확산되고 있으며, 의료 시뮬레이션은 신체 일부의 단순모형부터 환자의 다양한 생리·병리학적 매개변수까지 재현하는 고충실도 시뮬레이터까지 다양하고^{7,8)}, 최근 기술이 발전하면서 컴퓨터 프로그램을 기반으로 하는 가상현실 시뮬레이션 (Virtual reality simulation, VRS)이 개발되어 학생들에게 새로운 학습경험을 제공하면서 실제 환자·의료인의 진료환경을 구현하여 임상 적응력을 향상시키기 위한 교육에 활용되고 있다^{6,9)}.

국내에서는 의사 국가시험에서 2009년부터, 치과의사 국가시험에서 2021년부터 실기시험이 도입되었고^{10,11)}, 간호사 국가시험에서는 일부 전문간호사 (응급, 중환자 등) 분야에서 객관구조화진료시험 (objective structured clinical examination, OSCE)이 시행되고 있으며¹⁰⁾, 한의사 국가시험에서는 현재 실기시험 도입을 위한 절차가 진행 중이다. 보건의료인 교육과정에서 임상 술기 교육에 대한 중요성이 점차 확대되고 있으며, 실습 인프라의 부족, 환자 권리와 안전 등에 대한 쟁점 등으로 가상현실 기술을 응용한 시뮬레이션 교육의 활용도는 더 부각 될 것으로 생각된다. 가상현실 시뮬레이션은 비교적 적은 비용이 들며 반복적인 학습이 가

능하고, 공간적 제약이 적으며 여러 곳에서 접속할 수 있어 접근성이 높으며 많은 수의 학생을 동시에 교육할 수 있는 등의 장점이 있다¹²⁾. 가상현실을 활용한 시뮬레이션 교육은 의학, 치의학, 간호학 분야 등 다양한 보건의료 분야에서 활용되기 시작하는 단계로 2020년 이후 관련 연구가 발표되고 있으나^{6,13,14)} 한의학 교육에서는 가상현실 시뮬레이션을 활용한 연구는 현재까지 전무한 실정이다.

이에 본 연구는 국외의 의학, 치의학, 간호학의 보건의료분야에서 이뤄지고 있는 가상현실 (virtual reality, VR), 증강현실 (augmented reality, AR), 확장현실 (Extended reality, XR) 및 혼 현실 (mixed reality, MR) 기반 시뮬레이션 교육의 프로그램에 대한 연구에 대한 현황을 조사하여 이를 바탕으로 향후 한의학 교육을 위한 가상현실 시뮬레이션 프로그램을 개발하는데 기초연구로 삼고자 한다.

II. Methods

2000년 1월 1일부터 2023년 10월 10일까지 Proquest Central Database를 통해 검색어 ["VR" OR "AR" OR "XR" OR "MR" OR "Virtual reality" OR "Augmented reality"] AND ["medical education" OR "nursing education" OR "dental education"]로 검색을 시행하여, 총 72편이 검색되었고 이 중 총 22편이 선정되었다. 논문의 선정, 제외 과정은 PRISMA chart (2020, <http://prisma-statement.org>)를 기준으로 작성하였다(Figure 1).

III. Results

1. 선정된 연구에 대한 분석

최종적으로 선정되어 포함된 연구에 대해 분석한 결과는 다음과 같다 (Table 1).

2. 출판연도에 따른 분류

선정된 연구들을 출판연도에 따라 분류한 결과 2018년도부터 꾸준히 연구가 발표되었으며, 2019년 이후 매해 2편 이상이 발표되었고, 2021년이 7편으로 가장 많이 나타났다 (Figure 2).

Table 1. Characteristics of Studies

Author (Year)	VR/AR	Field	Country	Subject	Tools	Program
Dyer et al (2018) ⁽⁵⁾	VR	Medical	America	Medical students (n=178)	Oculus Rift	Alfred Lab (Embodied Labs) 1) Consultation on macular degeneration and hearing loss 2) Conversation on Alzheimer's disease and dying
Maresky et al (2019) ⁽⁶⁾	VR	Medical	Canada	VR group (n=28) in medical students (n=42)	Oculus Rift + Touch	Immersive VR cardiac anatomy model
Bayram et al (2019) ⁽⁷⁾	VR	Nursing	Turkiye	VR group (n=43) in nursing students (n=86)	Mobile device (Android app)	Training on tracheostomy management checklist
Sultan et al (2019) ⁽⁸⁾	VR	Medical	Saudi Arabia	VR group (n=57) in medical students (n=178)	N.R	N.R
Antoniou et al (2020) ⁽⁹⁾	AR	Medical	Greece	4 medical students, 3 graduate students, 4 neurosurgeons	MS Hololens	1) Emergency response scenario 2) Neuroanatomy lecture (learning the ascending and descending pathways of the central nervous system)
Christopoulos et al (2020) ⁽²⁰⁾	AR	Medical	Greece	AR group (n=30) in medical students (n=60)	Mobile device	Heart anatomy application (HeARt)
Sattar et al (2020) ⁽²¹⁾	VR	Medical	Parkistan	Medical students (n=87)	Oculus Gear with mobile device	Medical reality application
Jeong et al (2021) ⁽²²⁾	VR	Nursing	Korea	VR group (n=32) in nursing students (n=65)	Oculus Quest 2	Corona virus infection scenario simulation program respiratory infectious disease education
Alahmadi et al (2021) ⁽²³⁾	AR	Medical	Saudi Arabia	10 simulation center experts	N.R	CardioSim
Arents et al (2021) ⁽²⁴⁾	VR	Medical	Netherlands	VR group (n=41) in medical students (n=89)	Oculus Go	Cesarean section surgery training 360-degree VR video + Voice commentary
Saab et al (2021) ⁽²⁵⁾	VR	Nursing	Ireland	Nursing students (n=26)	Wireless Headset	Interactive VR Intervention for Testicular Disease (E-MAT)
Adhikari et al (2021) ⁽²⁶⁾	VR	Nursing	England	Nursing students (n=19)	N.R	Immersive VR Sepsis Model
Nakai et al (2021) ⁽²⁷⁾	VR	Medical	Japan	Medical students (n=30)	Oculus Quest 3	1) Lecture on cardiac anatomy 2) Musculoskeletal lecture 3) Lecture on nervous system
Moro et al (2021) ⁽²⁸⁾	AR	Medical	United Kingdom	Medical students (n=38)	MS Hololens	Brain physiology and anatomy education

Author (Year)	VR/AR	Field	Country	Subject	Tools	Program
Kumar et al (2022) ³⁰⁾	VR	Medical	India	Medical students (n=597)	MS HoloLens, HTC vivekit pro, Oculus Rift	N.R
Al-Mugheed et al (2022) ³⁰⁾	VR	Nursing	Jordan	Nursing students (n=126)	VR mobile app	Simulation of emerging infectious diseases, nosocomial infections, infection control precautions guidelines and standard precautions
Mansoori et al (2022) ³¹⁾	VR	Dental	Iran	VR group (n=25) in dental students (n=50)	Samsung Gear (Oculus framework programming)	Program for neural zone and tooth arrangement
Lee et al (2022) ³²⁾	VR	Nursing	Korea	VR group (n=33) in nursing students (n=66)	N.R	Educational program on mechanical ventilation nursing
Grad et al (2022) ³³⁾	AR	Dental	Poland	32 dentists with less than 5 years of experience	MS HoloLens	Simodont Dental Simulator (Nissin Dental Products Inc)
Brown et al (2023) ³⁴⁾	VR	Nursing	America	Nursing students (n=155)	Oculus	Utilizing the OMS (Oxford Medical Simulation) program
George et al (2023) ³⁵⁾	AR	Medical	United Kingdom	medical students (n=13)	MS HoloLens 2nd +MS Teams	Critical care simulation (20 minutes)
Kumar et al (2023) ³⁶⁾	VR	Medical	India	medical students (n=607)	HTC vive Kit Pro	Interactive 3D human body program

n=number, N.R: Not Reported, VR: Virtual Reality, AR: Augmented Reality, MS: Microsoft, 3D: 3-Dimension, Inc: Incorporated

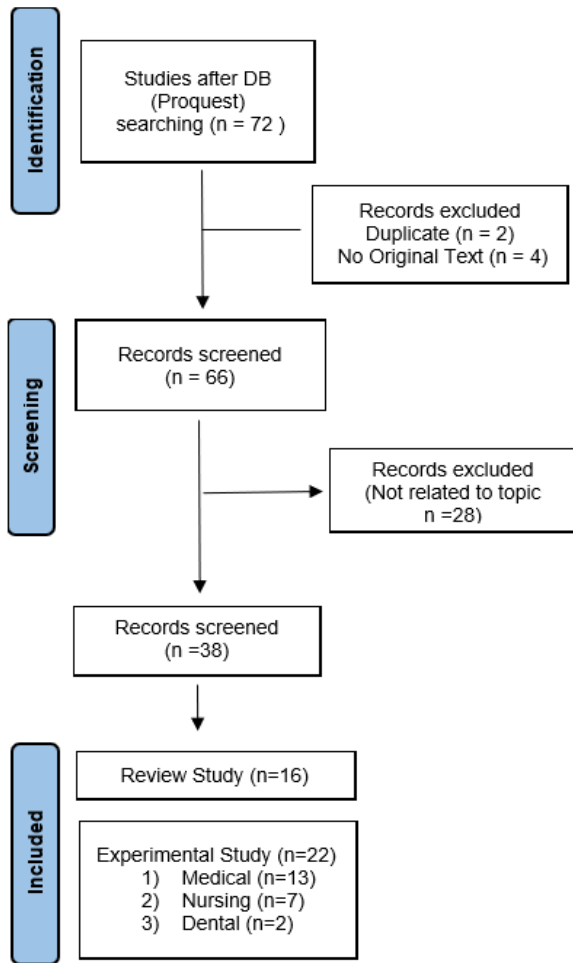


Figure 1. PRISMA chart

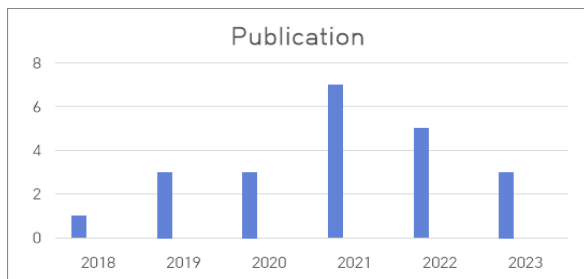


Figure 2. Publication year

3. 연구주제에 따른 분류

연구주제에 따라 분류한 결과는 다음과 같다. 의학 교육을 위한 프로그램이 59% (13편), 간호학 교육을 위한 프로그램이 32% (7편), 치과학 교육을 위한 프로그램이 9% (2편)로 나타났다 (Figure 3).

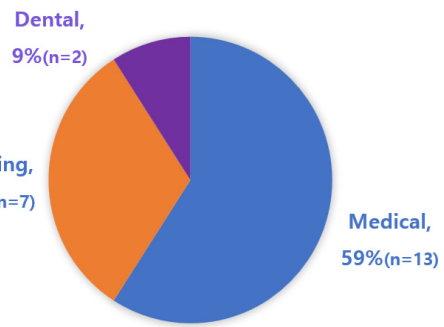


Figure 3. Topic of studies

4. 연구에 활용된 기술에 따른 분류

연구에서 활용된 기술에 따라 분류한 결과는 다음과 같다. VR를 활용한 경우가 73% (16편), AR을 활용한 경우가 27% (6편)으로 나타났다 (Figure 4).

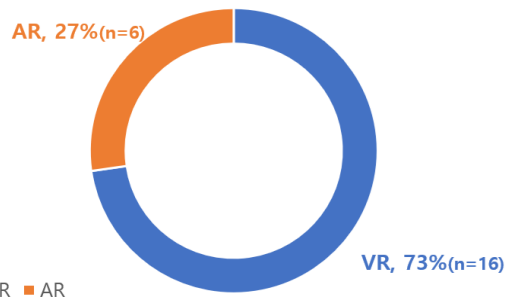


Figure 4. Technology of studies

VR: Virtual Reality, AR: Augmented Reality

5. 연구에 활용된 프로그램

선정된 연구에서 활용된 프로그램의 내용은 다양하였으며, 해부학적 구조의 학습을 위한 프로그램으로는 해부학 프로그램³⁶⁾, 심장 해부모델 학습^{16,20,23,27)}, 뇌와 신경해부학 학습^{19,27,28)}, 근골격계 학습²⁷⁾, 치아의 정렬에 대한 학습³¹⁾이 있었고 임상술기를 학습하기 위한 프로그램으로는 기도절개를 위한 훈련¹⁷⁾, 치과 술기에 대한 훈련³³⁾, 임상상황에서 환자 진료에 대한 실습 프로그램으로는 황반변성 및 청력감퇴와 치매에 대한 상담¹⁵⁾, 응급상황에 대한 대응¹⁹⁾, 코로나 바이러스 감염 상황에 대한 교육²²⁾, 제왕절개수술에 대한 훈련²⁴⁾, 고환질환에 대한 치료²⁵⁾, 패혈증 모델 학습²⁶⁾, 감염 및 원내감염에 대한 교육³⁰⁾, 기계적 환기 간호에 대한 학습²⁶⁾, 중환자 관리³⁵⁾, 기타 개발된 상용 모델 세트를 활용하였거나³⁴⁾, 활용된 프로그램의 세부 내용이 불명확한

경우도 있었다^{18,21,29}).

IV. Discussion

시뮬레이션이란 현실과 유사한 상황을 컴퓨터 또는 웹으로 프로그램화하여 구현한 것으로, 수 세기 동안 항공, 국방, 방송, 게임 등 많은 분야에서 활용되어 왔고⁷, 시뮬레이션을 활용한 교육의 목적은 학습자가 프로그램을 통해 특정 상황이나 맥락에서 요구되는 구체적인 목표를 달성하게 하는 것이다³⁷. 특히 보건의료분야의 시뮬레이션 교육은 의료 상황의 실물, 상황, 과정에 대한 모방을 통해 술기를 연습하고, 문제를 해결하며, 판단을 내리는 과정이라고 할 수 있다⁴⁰. David Gava는 의료 시뮬레이션을 5가지 범주로 분류하였으며, 첫째는 단순한 역할극인 언어 시뮬레이션 (verbal simulation)이고, 둘째 표준화된 환자 (standardized patients, SP)로 병력청취 및 신체검사과정과 의사소통 및 전문직업성을 평가하며, 셋째 작업 훈련 도구 (part task trainer)는 정상상태 또는 질병을 나타내는 신체 부위에 대한 해부학적 모델을 의미하고, 넷째 소프트웨어 기반 또는 인터넷 기반 가상세계의 대화형 컴퓨터 환자 (computer patients)이며, 마지막으로 마네킹 또는 가상현실 기술 등을 활용한 임상 환경이 복제된 전자 환자 (electronic patient)로 분류하였다³⁸.

보건의료 분야에서 시뮬레이션을 통한 학습은 18세기 프랑스의 쿠드레이 부인 (Madame Du Coudray)이 조산사 숙련에 태아 모델을 이용했다는 기록 및 1960년대에 의학교육을 위해 환자 배우를 활용한 기록이 있으며³⁹, 1960년 Laerdal사에서 심폐 소생술 훈련을 위해 Resusci Anne를 개발하여 실용적이고 효과적인 표준이 되었고, 이후 기도삽관 훈련을 위한 시뮬레이터인 Sim-One, CASE (Comprehensive Anaesthesia Simulation Environment) 등 다양한 술기 연습 및 신체검진 등을 시행할 수 있는 시뮬레이터들이 개발되었다^{39,40}. 1990년대부터는 병력수집 및 환자평가 기술을 교육하기 위한 대화형 소프트웨어와 웹기반 프로그램이 개발되면서 활용이 점차 확대되었고³⁹⁻⁴³, 2000년대 웹기반 표준화 환자 (Web-based Standard Patient, Web-SP) 및 가상현실 기반 시뮬레이션 (Virtual Reality Simulation, VRS) 프로그램이 개발되면서 물리적 제약 및 환자에 대한 위해 없이 보건의료 교육을 시행할 수 있게 되었다⁴⁰.

VRS는 실제 임상 상황과 같은 상황을 직접 체험하지 않고서도 실제 상황과 상호작용을 하는 것처럼 만들어 주는 기술로, 머리 장착형 디스플레이 (Head mount display) 등이 개발되면서 더 다양한 분야에서 적극적인 활용이 가능해졌다⁴⁴. VRS를 활용하면 실제 임상과 유사한 상황에서 사고할 수 있게 하면서도 환자에게 위해가 가지 않으므로 윤리적인 문제가 발생하지 않고, 학습자의 스트레스를 줄일 수 있으며^{45,46}, 교육에 소요되는 인체의 사체 및 장기, 의료 장비 등을 절약할 수 있다⁴⁴. 또한 시공간의 제약 없이 저비용으로 고품질의 훈련이 가능하며, 기존의 교육방식에 비해 학습자 맞춤형 교육으로 학습의 집중도와 효과가 높게 나타날 수 있고⁴⁰, 이를 통해 환자 진료에 필요한 지식의 개념적 이해, 진료에 필요한 술기, 의사결정과정, 직업 전문성과 윤리 등의 태도와 행위 등을 교육할 수 있다는 장점이 있다⁴⁵. 현재 국내외 의학, 간호학, 치의학 분야에서는 VR, AR 기술을 활용한 다양한 임상실습 및 술기교육이 도입이 시작되었고, 관련 연구가 이뤄지고 있으나 현재 한의학 분야에서는 관련 연구가 부족한 실정이다. 특히 한방 소아과 분야는 소아 환자를 대상으로 하므로 표준화 환자 배우 등의 구축이 더 어려우며, 실제 소아 환자를 실습 대상으로 하는 경우 다양한 윤리적 이슈가 발생하므로 이러한 가상현실 기반 교육 프로그램의 개발은 이 분야에 많은 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 프로그램을 개발하기 위한 이전 단계로 본 연구에서는 해외에서 활발하게 연구되고 있는 VR, AR 기술 기반 의료 시뮬레이션 교육에 대한 최근 연구 동향을 분석하였다.

첫째, 연구의 동향은 2019년 이후 매해 2편 이상이 꾸준히 출판되었고, 그 중 2021년이 7편으로 가장 많이 나타났으며 (Figure 2), 연구가 발표된 국가는 영국, 미국 외 다양한 국가에서 연구가 이루어지고 있었다 (Table 1). 연구에 활용된 기술을 살펴보면 VR 기술을 활용한 연구가 AR 기술의 활용에 비해 빈도가 높았으며 (Figure 4), 연구 분야는 의학 분야가 가장 많았고 이후 간호학, 치의학순으로 나타났다 (Figure 3). 이 결과는 의학 분야가 단순히 의대생 및 전공의 교육뿐만 아니라, 간호학 및 응급의학 관련 프로그램도 분류 상 포함되는 경우가 많은 것에서 기인하는 것으로 보인다. 의료 시뮬레이션 프로그램의 세부 내용은 다양하였으며, 해부학³⁶, 심장 해부학^{16,20,23,27}, 뇌와 신경해부학^{19,27,28}, 근골격계 해부학²⁷, 치아의 정렬³¹ 등 해부학적 구조의 학습을 위한 프로그램이 있었고 기도절개¹⁷, 치

과 술기³³⁾ 등 임상술기를 학습하기 위한 프로그램이 있었으며 황반변성 및 청력감퇴와 치매에 대한 상담¹⁵⁾, 응급상황에 대한 대응¹⁹⁾, 코로나 바이러스 감염상황에 대한 교육²²⁾, 제왕절개수술에 대한 훈련²⁴⁾, 고환질환에 대한 치료²⁵⁾, 폐혈증 모델 학습²⁶⁾, 감염 및 원내감염에 대한 교육³⁰⁾, 기계적 환기 간호에 대한 학습²⁶⁾, 중환자 관리³⁵⁾ 등 임상상황에서 환자 진료에 대한 실습 프로그램 등이 있었다. 프로그램은 크게 해부학 구조를 학습하거나 구조를 제시한 후 술기를 시행하고, 가상의 임상 환경에서 상담 또는 치료를 수행하는 프로그램들을 교육에 활용하고 있었다.

둘째, 연구에서 활용된 VR, AR 기기들에 대한 조사에서는 VR에서는 Oculus 그리고 AR에서는 Hololens가 대표적인 기기로 나타났고 관련 프로그램이 가장 많이 개발되어 있어 프로그램 개발자 입장에서 활용하기 쉬운 도구였을 것으로 생각된다.

셋째, 포함된 연구의 대부분은 무작위 배정연구는 적었고 교육프로그램을 적용한 군과 적용하지 않은 군으로 나누거나, 적용한 군만을 대상으로 연구를 진행하는 경향이 있었다. 또한 교육의 효과를 객관적인 지표로 관찰하기보다는 만족도 또는 설문조사 등으로 측정하는 경우가 많았다. 그러나 연구에 참여한 학생들 대부분은 학습에 대한 동기유발 및 몰입도 증가, 반복 학습 증가로 인한 학습수행도 증가 등의 긍정적인 효과를 보고하였다.

연구의 한계점으로는 본 연구는 파일럿 연구로 단일 데이터베이스에서 검색을 진행하였으나 이후 다양한 데이터베이스에서의 검색을 확장할 필요성이 있으며, 포함된 연구 중에서 무작위 배정 및 단일군 연구 등이 혼재되어 있으며, 교육 프로그램의 진행까지만 서술하여 효과를 측정하기 어렵거나, 각 연구에서 교육의 효과를 측정하기 위한 기준이 달라 체계적으로 문헌을 분석하기 어려운 점 등이 있었다.

본 연구 결과는 향후 한의학 분야에서 VR, AR 교육 프로그램을 개발함에 있어 다음과 같은 시사점을 줄 수 있다. 첫째, 이 기술들을 활용하여 우선적으로 개발하기 적절한 프로그램의 주제로는 표준화 환자로 구현하는 데 다소 어려움이 있는 응급환자 및 소아 환자, 또한 부인과 및 정신과 환자를 대상으로 하는 프로그램에서 장점이 있으며, 기초 의학 단계에서는 가상현실기술의 장점인 해부 구조를 가시성 있게 구현할 수 있는 점을 활용하여 경혈학 교육프로그램 등의 개발을 제안할 수 있다. 둘째, 프로그램을 개발하고 활용하기

위한 도구로는 개발 초기 단계에서는 VR 프로그램을 제안하며, 이는 AR 프로그램은 실제 물체를 인식하여 활용할 수 있는 장점이 있으나, 프로그램 개발단계에서 실제 물체를 모두 인식시키는 과정을 거쳐야 하며, Hololens 등의 AR 도구의 높은 가격 등을 고려할 필요가 있다. 따라서 초기에는 Oculus Rift 등의 기기를 활용할 수 있는 VR 프로그램을 우선적으로 개발하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 셋째, VR, AR 프로그램을 개발할 때는 학습자인 한의대생의 특성에 맞추어 개발할 필요가 있으며 많은 학습 분량 중 임상적으로 중요하며, 반복학습이 필요한 주제를 선택하여 학습의 흥미를 유발할 수 있게 디자인 하는 것이 중요할 것으로 사료된다. 넷째, 가상현실 기반 시뮬레이션 교육은 교수자와 학습자 간의 대면 의사소통이 감소하는 문제점이 생길 수 있으므로 대면교육과 시뮬레이션 교육 간의 균형 잡힌 교육과정 구성을 고려해야 하며, 실시간 피드백 및 디브리핑과정을 통해 자기성찰이 가능하도록 하여 프로그램을 더 효율적으로 활용하도록 할 수 있도록 해야 한다. 마지막으로 VR, AR 프로그램 활용을 위해 장착하는 장비의 특성을 고려하여 도입 초기에는 기기 활용법에 대한 교육이 적극적으로 이뤄진 뒤에 교육이 이루어지도록 하며, 기기 사용의 경우 5분에서 10분 이상을 활용하는 경우 디지털 멀미를 유발할 수 있다는 점 등을 고려하여 프로그램의 활용시간 등도 고려하여 교육 프로그램을 개발할 필요가 있다.

V. Conclusion

본 연구는 한의학 분야에서 VR, AR 시뮬레이션 교육프로그램을 개발하기 위한 사전 연구로써 최근 의학, 간호학, 치의학 분야에서 활용되고 있는 시뮬레이션 교육에 대한 연구 동향을 분석하였다. 연구 결과 이 분야는 2018년 이후 관련 연구가 지속적으로 발표되고 있으며 의학분야의 연구가 가장 많았고, AR보다는 VR 기술을 더 많이 활용하고 있으며, Oculus를 도구로 활용한 연구가 가장 많은 것으로 나타났다. 시뮬레이션 교육은 다양한 임상상황을 가상현실 안에서 가능하게 해주며 해부학적 구조를 가시성 있게 구현하여 학습자의 학습 참여도 및 몰입도를 높일 수 있다. 따라서 임상 실습에 대한 중요성이 커지고 있는 한의학교육에서도 VR, AR 시뮬레이션 교육을 포함한 새로운 형태의 실

습이 도입될 필요가 있다. 향후 한의학 분야 프로그램 개발을 위해서는 개발 목적과 부합하는 기술을 선정하며, 임상가가 개발단계에 참여하여 전문성을 높이고, 기초부터 단계적으로 점차 심화학습이 가능하도록 설계하여 학습자 맞춤형 교육프로그램을 개발할 필요가 있다. 이를 통해 학습자의 참여도, 몰입도를 높일 수 있는 매력적이면서 양질의 콘텐츠를 개발하여 한의학 분야에서도 VR, AR 기술을 활용한 다양한 실습 교육 프로그램이 실행되기를 기대한다.

VI. References

1. Kathleen R. The history of medical simulation. *J Crit Care*. 2008;23:157-66.
2. Son SJ. The effects of simulation education on self-directed learning ability, learning flow, and problem solving ability. *JLCCI*. 2017;17(14):473-86.
3. Lee YH, Ahn HY. The effects of simulation education for new nurses on emergency management using low-fidelity simulator. *JKASNE*. 2019;25(3):331-43.
4. Kim JH. Mannequin simulation in the health science. *J Korea Converg Soc*. 2007;21(3):104-12.
5. Helmreich RL. On error management : lessons from aviation. *BMJ*. 2000;320:781-5.
6. Kim EK, Cheon EY, Kim HJ. Analysis of Korean research trends on virtual reality(VR) programs in practical nursing education. *JLCCI*. 2023;23(9):429-41.
7. Bradley P. The history of simulation in medical education and possible future directions. *J Med Educ*. 2006;40(3):254-62.
8. Lane LJ, Slavin S, Ziv A. Simulation in medical education: a review. *S&G*. 2001;32:297-314.
9. Chen HE, Yovanoff MA, Pepley DF, Sonntag CC, Mirkin KA, Han DC, Moore JZ, Miller SR. Can haptic simulators distinguish expert performance? A case study in central venous catheterization in surgical education. *Simul Healthc*. 2019;14(1):35-42.
10. Kim TH, Lee HH, Jung YS, Chung SH, Nam HS. Medical simulation history and future. *SMS*. 2009;14(3):97-100.
11. Lee BR, Nam JH, Huh JS, Kim SY, Kim JH, Choi SH, Hu KS. Dental students self-efficacy of core evaluation area of dental national board examination in Korea. *KDSThe JKDA*. 2021;59(11):628-39.
12. Foronda CL, Fernandez-Burgos M, Nadeau C, Kelley CN, Henry MN. Virtual simulation in nursing education : a systemic review spanning 1996-2018. *Simul Healthc*. 2020;15(1):46-54.
13. Jeong HW, Kang WS, Kim JN, Yoon SP. Learner experience on anatomy learning with virtual reality in a medical college. *Anat Biol Anthropol*. 2023;36(2):51-8.
14. Moon SY. Virtual reality (VR) simulation for oral and maxillofacial surgery. *JKDA*. 2022;60(10):648-54.
15. Elizabeth D, Barbara JS, Marilyn RG. Using virtual reality in medical education to teach empathy. *JMLA*. 2018;106(4):498-500.
16. HS Maresky, A Oikonomou, I Ali, N Ditzkofsky, M Pakkal, B Ballyk. Virtual reality and cardiac anatomy: exploring immersive three-dimensional cardiac imaging, a pilot study in undergraduate medical anatomy education. *Clin Anat*. 2019;32:238-43.
17. Sule BB, Nurcan C. Effect of a game-based virtual reality phone application on tracheostomy care education for nursing students: a randomized controlled trial. *Nurse Educ Today*. 2019;79:25-31.
18. Lama S, Wesam A, Hatim AJ, Muhammad AK, Basim A, Faisal A. Experimental study on usefulness of virtual reality 360° in undergraduate medical education. *AMEP*. 2019;10:907-16.
19. Panagiotis EA, George A, Niki P, Akinoos A, George N, Emmanouil B, Vasilis N, Panagiotis B. Biosensor real-time affective analytics in virtual and mixed reality medical education serious games: cohort study. *JSG*. 2020;8(3):e17823.
20. Athanasios C, Nikolaos P, Justyna K, Robert M. The effects of augmented reality-supported instruction in tertiary-level medical education. *Br J Edu*. 2022;53:307-25.
21. Mian US, Sellappan P, Asiah L, Nauman S, Usman K, Raza H. Motivating medical students using virtual reality based education. *IET*. 2020;15(2):160-74.
22. Jeong YH, Lee H, Han JW. Development and evaluation of virtual reality simulation education based on coronavirus disease 2019 scenario for nursing students: a pilot

- study. *Nurs Open*. 2022;9:1066-76.
23. Dimah A, Hind B, Hana A, Lamees B, Linah A. Using augmented reality to enhance medical education in heart diseases: action design research. *TEM J*. 2021;10(3):1141-8.
 24. Vera A, Pieter CMG, Veerle MDS, Karlijn JS. Use of 360° virtual reality video in medical obstetrical education: a quasi-experimental design. *BMC Med Educ*. 2021;21:202.
 25. Mohamad MS, Josephine H, David M, Margaret L. Incorporating virtual reality in nurse education: a qualitative study of nursing students' perspectives. *Nurse Educ Today*. 2021;105:105045.
 26. Rakshya A, Claire K, Joanne L, Michelle O, Bruce B, Jane W, Ruth P. A mixed-methods feasibility study to assess the acceptability and applicability of immersive virtual reality sepsis game as an adjunct to nursing education. *Nurse Educ Today*. 2021;103:104944.
 27. Kohga N, Satoshi T, Ayaka T, Dany H, R Shane T, Joe I. Anatomy education for medical students in a virtual reality workspace: a pilot study *Clin Anat*. 2022;35:40-4.
 28. Christian M, Charlotte P, Petrea R, Zane S. HoloLens and mobile augmented reality in medical and health science education: a randomised controlled trial. *BJET*. 2021;52(2):680-94.
 29. Abhishek K, Abdul KJS, Mohammed A, Badr A, Mozaherul H, Abul H, Muhammad BK, Ankit K, Kamred US. AIAVRT: 5.0 Transformation in medical education with next generation AI-3D animation and VR integrated computer graphics imagery. *IJETA*. 2022;39(5):1823-32.
 30. Khaild AM, Nurhan B, Mohammad AB, Adi A, Badr KA, Mu'taman J, Moath A. Effectiveness of game-based virtual reality phone application and online education on knowledge, attitude and compliance of standard precautions among nursing students. *PLoS one*. 2022;17(11):e0275130.
 31. Meysam SM, Seyyed MA, Fakhrosadat M, Danial Y, Hedaiat M. A study to investigate the effectiveness of the application of virtual reality technology in dental education. *BMC Med Educ*. 2022;22(457):1-9.
 32. Lee H, Han JW. Development and evaluation of a virtual reality mechanical ventilation education program for nursing students. *BMC Med Educ*. 2022;22(1):775.
 33. Piotr G, Anna MPB, Krzysztof PM, Jan W, Klaudia P, Grzegorz T. Application of HoloLens-based augmented reality and three-dimensional printed anatomical tooth reference models in dental education. *Anat Sci Educ*. 2023;16:743-55.
 34. Kristen MB, Sandra MS, Gregory EG, Catherine H, Nancy S. Curricular integration of virtual reality in nursing education. *J Nurs Educ*. 2023;62:1-11.
 35. Oliver G, Jeremy F, Zhongyang X, Chris J. Augmented reality in medical education: a mixed methods feasibility study. *Cureus*. 2023;15(3):e36927.
 36. Abhishek K, Bhavana S, Abdul K, Jilani S, Abdullah A, Mohammed A, Badr A, Muhammad BK, Zakir HA, Ankit K, Kamred US. Next-gen multimedia: virtual reality haptic simulator's impact on medical practitioner for higher education institutions. *Electronics*. 2023;12:356.
 37. Lim CI, Kwon EK. A formative study on the design principles for simulation in case-based learning. *J of Educ Technol*. 2009;25(2):117-49.
 38. Cooper JB. Taqueti VR. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. *Qual Saf Health Care*. 2004;13:11-8.
 39. Rosen KR. The history of medical simulation. *J Crit Care*. 2008;23:157-66.
 40. Kang SJ, Kim CM, Lee HS, Nam JW, Park MS. Integrative review on nursing education adopting virtual reality convergence simulation. *J Conver Inf Technol*. 2020;10(1):60-74.
 41. Watterson L, Flanagan B, Donovan B, et al. Anaesthetic simulators: training for the broader health-care profession. *ANZ J Surg* 2000;70:735-7.
 42. Ellis C, Hughes G. Use of human patient simulation to teach emergency medicine trainees advanced airway skills. *J Accid Emerg Med*. 1999;16:395-9.
 43. Kim JH, Lee YM. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education. *J Korean Soc Emerg Med*. 2006;10(2):15-23.
 44. Chun HS. Application of virtual reality in the medical. *ETRI*. 2019;34(2):19-28.
 45. M. Prensky. Digital natives, digital immigrants part

1. On the horizon. 2001;9(5):1-6.
46. Scherer YK, Bruce SA, Graves BT, Erdley WS. Acute care nurse practitioner education: enhancing performance through the use of clinical simulation. AACN Clin Issues. 2003;14(3):331-41.
47. McGaghie WC, Issenberg SB, Cohen ER, Barsuk JH, Wayne DB. Does simulation-based medical education with deliberate practice yield better results than traditional clinical education? A meta-analytic comparative review of the evidence. Acad Med. 2011;86(6):706-11.