Korean Journal of Clinical Dental Hygiene

Original Article

구강 악안면 영상학 등각 촬영 실습을 위한 가상현실 시뮬레이션 시나리오 개발

이보근[1], 문소정[2*]
[1]서울S치과, [2]연세대학교 치위생학과

Development of Virtual Reality Simulation Scenarios for Bisecting Technique Practice in Maxillofacial Radiology

Received: May 26, 2025
Revised: September 07, 2025
Accepted: September 08, 2025

Bo-geun Lee[1], So-jung Mun[2*]
[1]Seoul S Dental Clinic, 1186, Sujeong-ro, Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 13338, Korea
[2]Department of Dental Hygiene, College of Software and Digital Healthcare Convergence, Yonsei University, Wonju, 26493, Korea

***Corresponding Author: 문소정,** (26493) 강원특별자치도 원주시 연세대길 1, 연세대학교 소프트웨어디지털헬스케어융합대학 치위생학과, Tel: (033) 760-5560, Fax: (033) 760-2919, E-mail: sojung77@yonsei.ac.kr

Abstract

Objective: This study aimed to develop a virtual reality (VR) simulation, based on validated pre-performance competencies, to improve dental hygiene students' proficiency in the bisecting angle technique and to enhance their learning outcomes. **Methods:** Pre-performance competency was defined through literature review and expert consultation. Items with a Content Validity Index (CVI) ≥0.8 were selected after two rounds of validation. Competencies were structured to reflect the clinical workflow, including preparation, pre-exposure, exposure, image evaluation, and completion with integrated communication skills. **Results:** Of the 48 pre-performance competency items, expert review resulted in the reordering of 10 items, revision of 20 items, and the addition of 3 new items, with a final total of 51 items. The overall CVI, as well as the CVIs for each stage, reached 1.0, confirming strong content validity. **Conclusion:** This study developed validated pre-performance competency-based scenarios for VR simulation in maxillofacial radiology. This simulation can support practical training for dental hygiene students and professionals. However, further scenario expansion and curricular application require institutional and educational support.

Key words: Bisecting angle technique, Dental hygiene, Dental education, Dental radiography, Virtual reality

색 인: 등각 촬영법, 치위생학, 치과 교육, 치과 방사선, 가상현실

 Copyright © 2025 by Korean Journal of Clinical Dental Hygiene. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

1. 서론

Coronavirus disease 2019 (COVID-19)의 장기화는 전 세계적으로 경제적·사회적 여러 영역에 영향을 미쳤으며, 교육 분야에도 큰 변화를 가져왔다. 특히 전통적인 대면 교육에서 온라인 비대면 교육으로의 전환은 새로운 교육 매체의 필요성과 발전을 촉진하였고, 의학 및 보건학 분야에서는 몰입형 가상현실 교육이 실습 기반 교육을 보완할 수 있는 매체로서 가능성을 제시하였다(1, 2). 가상현실(Virtual reality, VR)이란 특정한 환경이나 상황을 실제처럼 경험할 수 있는 기술로(3), 의학·보건학과 같이 대상자에게 유해를 가할 수 있는 교육을 가상으로 체험하고 반복 연습함으로써 술기 능력을 향상시킬 수 있는 교육 매체이다. 의학 및 보건학 분야에서 이루어지는 대부분의 실습 커리큘럼은 '이론교육-임상 전 단계 실습-환자 대상 임상 수행'의 단계로 진행되므로, 가상현실 교육은 임상 전 단계 실습에서 학생들이 현장감을 가지고 학습할 수 있는 중요한 교육 방법이 될 수 있다(4).

현재 치의학 분야에서 가상현실을 교육 매체로 활용한 연구는 외과적 발치, 임플란트, 구강악안면 마취 등 다양한 영역에서 진행되어 상용화되고 있다(5, 6). 또한 치위생학 분야에서도 구강 악안면 해부학, 구강영상학 실습에 관련된 프로그램이 개발되고 있으며, 특히 구강영상학 실습에 관한 가상현실 교육 개발이 활발하게 이루어지고 있는데 구강악안면 실습 운영에 필요한 특수 기자재의 인허가, 피폭 관리 비용, 교수자와 학생의 건강진단, 방사선 안전교육훈련 등의 어려움을 보완할 수 있기 때문이다(7). 가상현실 시뮬레이션은 대상자의 몰입 방식에 따라 2가지로 구분된다. Desktop virtual reality simulation (dVRS)은 사용자가 모니터와 함께 마우스, 키보드, 조이스틱 또는 터치스크린을 통해 상호작용하는 방식이고, Immersive virtual reality simulation (iVRS)은 HMD (Head mounted display)을 이용하여 헤드셋에 부착된 카메라와 오디오 컨트롤러, 햅틱 기술을 이용하여 신체를 움직이고 감각을 느끼며 시각, 청각, 촉각 감각을 유도하여 몰입감을 높일 수 있는 방식이다(8). 따라서 iVRS는 dVRS에 비해 몰입감을 높여 학습자에게 더 높은 동기 부여 및 학습 효과를 제공하며, 시공간과 교수자의 제약없이 주도적으로 반복 연습을 할 수 있어 더욱 효과적인 도구로 평가받고 있다(9, 10). 현재 방사선 영역에서 진행된 dVRS 연구는 주로 두 가지 형태로 나뉜다. 첫째, 개인 모바일을 치과용 방사선 촬영기에 부착하여 실습용 마네킹에서 촬영된 방사선 사진 이미지를 구현하는 연구가 있으며(7), 둘째, 360° 카메라로 촬영된 방사선 실습 영상을 간접적으로 체험하는 연구가 있다(11). 그러나 방사선 안전관리 문제로 인해 교수자의 지도 없이 학생이 방사선 실습실을 방문할 수 없으므로, 학생이 스스로 학습하기 어렵다는 한계가 존재한다. 또한, 녹화된 VR 영상을 통한 간접 체험 수준에 머무르기 때문에 자율적 학습과 실제 술기 경험을 충분히 보완하기 어렵다. 이러한 문제를 보완하기 위해 최근에는 iVRS를 활용한 상악 절치부 등각 촬영 관련 시뮬레이터 개발 연구(12)가 진행되고 있으나, 현재 개발 단계에서는 촬영 가능한 부위가 제한적이며 영상 촬영 단계 위주로 구현되어 있어, 방사선 실습의 전체 수행 역량을 학습하기에는 부족하다. 따라서 방사선 실습 전 과정을 체험하고 수행 역량을 종합적으로 향상시킬 수 있는 프로그램의 개발이 필요하다.

따라서 본 연구는 방사선 실습실 내부에서 수행해야 하는 감염 관리와 의사소통을 포함하여, 치과위생사가 실제 임상에서 환자를 대상으로 수행할 수 있는 가상현실 시뮬레이션 프로그램 시나리오를 개발하고자 한다. 본 연구의 차별점은 다음과 같다.

첫째, 본 프로그램은 단순 촬영 단계뿐만 아니라, 피폭 방호, 환자 인적사항 확인, 수행을 위한 감염 관리 등 초기 단계부터 환자 촬영 완료 및 퇴장 후 감염 관리 마무리 단계까지 모든 과정을 체험할 수 있도록 설계되었다. 둘째, 기존 연구들은 대부분 학습 몰입도나 자기 평가 기반의 자신감 향상 정도만을 평가하여, 역량 평가 도구를 활용한 객관적 효과 검증이 부족하였다. 특히 학생들의 주관적 자기평가에 의존한 기존 연구 평가 방법은, 가상현실 시뮬레이션의 교육적 유효성을 충분히 검증하지 못했다. 이에 본 연구는 제한된 술기 체험과 주관적 평가 중심의 기존 연구와 달리, 전문가 검증을 통해 시나리오의 타당도를 확보하고 역량 평가 도구를 연계함으로써 학습자의 객관적 수행 능력 변화를 측정할 수 있는 기반을 마련하였다. 이러한 이유로 본 프로그램은 학생들의 방사선 실습 능력을 객관적으로 평가할 수 있는 도구로 활용될 수 있다는 점에서 의의가 있다.

역량(Competency)이란 지식과 기술을 효과적으로 수행하고 바람직한 업무를 수행할 수 있는 능력으로(13) 실무에서 업무 능력을 평가하는 개념으로 사용되고 있다. 따라서 치과위생사가 업무 능력을 향상하기 위해서는 치위생학 정규과정에서 치과위생사 직무에 따른 수행 역량을 체계적으로 학습하는 것이 중요하다(14). 특히 이론 중심의 평가와 달리 실습 기반의 수행 평가는 평가자의 주관이 개입될 가능성이 높으므로, 평가의 신뢰도와 타당성을 확보하기 위해서는 명확하고 객관적인 기준에 따른 평가 체계가 요구된다. 따라서 수행 역량 개발은 학생의 임상 수행 능력을 객관적이고 신뢰성 있게 평가할 수 있는 기준을 마련하는 데 중요한 도구이다. 현재 치과 방사선 등각 촬영법의 수행 역량은 치과 촬영실의 감염관리 지침서(15)의 감염관리 원칙에 근거하여 제시되어 있으나, 구강 악안면 영상학 실습의 전통적인 방식인 팬텀 술기에 맞춰 있다. 따라서 본 연구는 감염관리 및 의사소통을 포함한 실제 환자를 대상으로 수행할 수 있는 가상현실 시뮬레이션 프로그램 시나리오를 개발하고자 한다.

본 연구의 목적은 기존의 수행 역량을 기반으로 실제 임상에서 요구되는 수행 역량을 보완하고, 구강 악안면 영상학에 실습에 필요한 전체 과정을 재현하는 프로그램을 개발하여, 치위생학 학생들이 실제 임상 환경을 간접적으로 경험하고 훈련할 수 있는 등각촬영 실습을 중심의 가상현실 시뮬레이션 프로그램을 제작하고자 한다.

2. 연구대상 및 방법

2.1. 연구대상

예비 도구의 내용 타당도를 평가할 때, 3인 이상 10인 정도의 전문가 참여가 적절한 것으로 간주된다(6). 본 연구에서는 교육적 적합성 및 실무적 타당성을 동시에 확보하기 위해 치위생학과 교수 3인, 경력 10년 이상의 치과위생사 2인을 포함한 총 5명의 전문가 집단을 구성하여 검증하였다. 전문가 타당도 검증을 위해 2022년 9월부터 11월까지 설문지를 배포하여 자료를 수집하였다. 본 연구는 연구 참여 대상자의 윤리적 측면 보호를 위해 OO대학교 생명윤리심의위원회의 심의를 거쳐 승인(1041849-202208-SB-144-02)을 받아 진행하였다.

2.2. 연구방법

본 연구는 Lee BG(16)의 박사학위논문의 일부 내용을 재분석한 결과로, 역량 개발 과정과 이를 통한 가상현실 시뮬레이션 교육을 위한 시나리오 개발 과정을 중점적으로 다루었다. 가상현실 시뮬레이션 개발을 위한 수행역량 기반 시나리오를 제작하기 위해 문헌고찰과 전문가 타당도 검증을 거쳐 예비 수행역량을 도출하였다. 이후 2차 타당도 검증에서는 내용 타당도 지수(Content validity index, CVI)를 산출하였으며, 4점 척도에서 3점과 4점을 '관련 있음'으로 간주하였다(17). 또한 수행 역량은 실제 임상 상황의 순서를 기반으로 촬영 준비 단계, 촬영 전 단계, 촬영 단계, 결과 평가 단계, 촬영 마무리 단계로 구성하였고 의사소통 영역을 포함하여 최종 완성하였다.

2.2.1 사전조사

사전조사는 개발될 가상현실 시뮬레이션을 구상하고, 문헌고찰을 통해 수행역량을 설정하는 단계이다. 가상현실 프로그램은 주식회사 브이알애드(VRAD Co., Inc., Hanam, Republic of Korea)에서 제공하는 DRS (Dental Radiography Simulator)의 구내방사선 촬영법 중 등각촬영법을 중심으로 분석하였다. 기존 프로그램은 촬영 단계의 술기 재현만이 가능한 시뮬레이터로 등각촬영법의 전과정을 수행할 수 없는 한계가 있었다. 또한 촬영 과정에서 발생하는 실책과 판독 결과가 일치하지 않거나 실제와는 차이가 있는 촬영 결과가 구현되는 오류가 있었다. 따라서 본 연구는 이러한 문제점을 개선하고 새로운 프로그램을 개발할 예정으로 검증된 수행역량을 근거로 감염관리 및 의사소통 과정을 포함하여 등각촬영법의 모든 과정을 수행할 수 있는 가상현실 시뮬레이터 개발을 계획하였다.

구강영상학 가상현실 시뮬레이션 교육 내용을 설계하기 위해 학생들의 교육 요구도를 조사한 문헌조사 결과, 전국 4개 지역 대학에서 치과방사선 팬텀 실습 경험이 있는 치위생과 재학생 409명을 대상으로 수행한 연구(18, 19)에 따르면, 팬텀용 촬영 실습에서 학생들이 가장 어려움을 느끼는 점은 '구강 내 엑스선을 조사할 수 없는 점'으로 나타났다. 또한, 등각 촬영 시와 촬영 판독 시 가장 어려움을 느끼는 부위는 모두 상·하악 대구치로 보고되었다. 또한 촬영법에서는 평행촬영법에 비해 등각촬영법에 관한 어려움이 큰 것으로 보고하였고(20), 등각 촬영의 주요실책으로는 필름 위치의 실수, 상의 연장, 조사통 가림, 수평 중첩의 실책이 높았다.

구강악안면 영상학의 치근단 촬영법에는 환자의 손가락을 이용해 필름을 유지하는 등각 촬영법과 필름 유지 장치를 사용하는 평행 촬영법이 있다. 등각촬영법은 치아 장축과 필름이 이루는 각을 이등분하는 가상의 이등분선상에 수직으로 중심 방사선을 조사하는 촬영법으로 치아 장축의 위치가 치아별로 다르므로, 상,하악 치아의 위치에 따라 중심방사선을 달리 조사해야만 정확한 상의 결과를 얻을 수 있으므로 고도의 기술과 숙련도가 요구된다. 따라서 평행촬영법에 비해 등각촬영법은 촬영을 위한 기술 함양이 필요하고 특수한 장비와 환자의 구강환경에 영향이 적으므로 본 연구 프로그램의 촬영법으로 선정하게 되었다.

2.2.2. 수행역량 구성

본 연구의 수행역량은 한국보건국가시험원 연구보고서(21)와 질병관리본부의 치과촬영의 가이드라인(22)에 따라 설정되었고 치과방사선 촬영실의 감염관리 지침서(15)의 감염관리 원칙에 근거하여 구성되었다.

2.2.3. 프로그램 개발

전문가 타당도 검증을 통해 선정된 최종 수행 역량을 토대로 가상현실 시뮬레이터 내에서 학습자가 등각촬영의 각 단계에 맞는 수행 행위와 의사소통 하는 과정을 재현하기 위해 시나리오와 치과 진료기록부(덴탈 차트)를 개발하였다. 진료기록부는 학생들이 주도적으로 의사결정을 하고 실제감을 높일 수 있도록, 참고문헌을 바탕으로 가상의 환자를 대상으로 Dentition, Present illness, Medical history, Chief complaint, 의사의 진단이 내려진 치근단 방사선 촬영 부위를 기록한 치과 진료기록부를 프로그램 내에서 제공하도록 개발하였다.

개발된 의사소통 시나리오에서는 학습자가 수행 역량의 각 단계에 따라 의사소통할 수 있도록 가상현실 내 텍스트 자막을 제공하였으며, 환자 역할을 수행하는 아바타는 학습자가 자막을 소리 내 읽는 평균 시간을 고려하여 음성으로 의사소통할 수 있도록 녹음되었다. 덴탈 차트는 학습자가 환자의 인적 사항, 전신 질환, 촬영 부위, 의사의 진단 소견을 스스로 판단할 수 있도록 프로그램 내에서 단서를 제공하도록 설계되었다. 프로그램 내 설정된 임상상황은 1963년생 남성 환자로 2개의 치아 부위(상악 제1,2 대구치 또는 하악 제1,2대구치)에 냉온자극에 불편함과 예민한 통증(Sharp pain)으로 불편함을 호소하여 방사선 촬영이 필요하다는 의사의 소견을 포함하며 구체적인 프로그램 개발 단계는 다음과 같다(Figure 1).

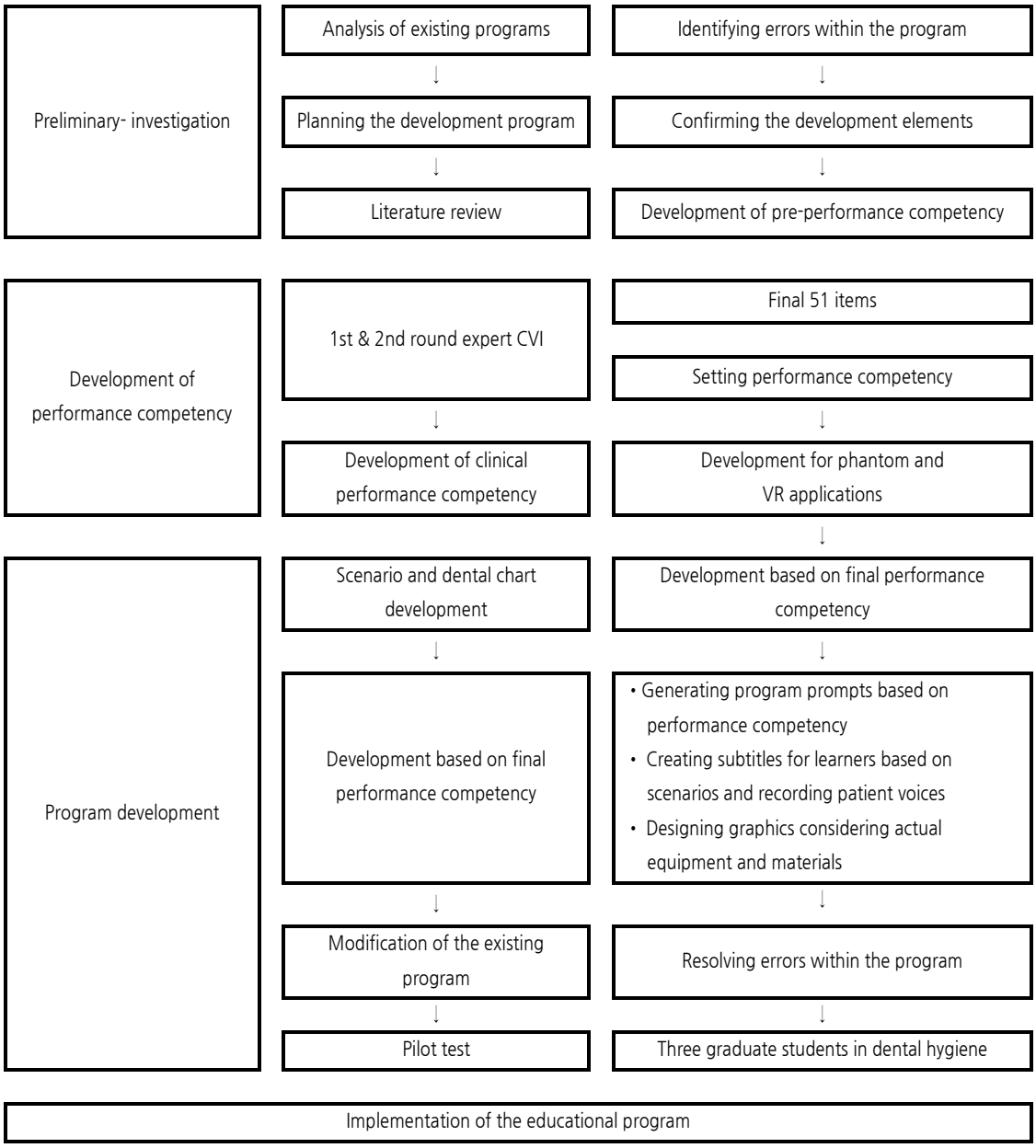


Figure 1. Virtual reality simulation education program.

3. 연구결과

3.1. 전문가 타당도 검증

전문가 타당도 검증은 치위생학과 교수 3인과 경력 10년 이상의 임상 치과위생사 2인의 자문을 통해 수행하였다. 수행 역량의 적합성 여부는 '매우 적절하다.' 4점, '적절하다.' 3점, '적절하지 않다.' 2점, '전혀 적절하지 않다.' 1점으로 계산하였으며 개방형 질문을 통한 전문가 의견을 수렴하였다. 개방형 질문은 각 문항과 단계, 종합의견을 통해 주관적으로 서술을 할 수 있도록 하였으며, 주요 응답 내용으로는 수행 순서의 조정의 필요성과 등각 촬영에서 발생할 수 있는 주요 오류 외 추가적인 실

책에 관한 의견이 제시되었다. 수정된 문항은 1주일 뒤 2차 전문가 타당도 검증을 통해 최종 수행 역량으로 선정되었다. 최종 수행역량은 내용 타당도 지수(CVI)를 산출하였으며 타당도 지수의 값이 0.8 이상인 문항을 선정하였다(16). 수행역량의 수정 및 검토 의견으로는 '순서 변경' 10문항, '문구 수정' 20문항, '문항 추가' 3문항으로 나타났으며 최종 개발된 51개 문항의 CVI 값은 1.0으로 나타났다(Table 1).

Table 1. Summary of expert validity verification

Performance competency	CVI	Revision
Preparation stage		
Wear a TLD badge	1.0	Modified
Hand hygiene	1.0	Reorder
Check the connections between the x-ray and computer	1.0	Addition
Disinfect the surface of items needed for x-ray taking	1.0	Reorder, Addition
Applying dental barrier film	1.0	Reorder, Addition
Identify personal information (name, date of birth, etc.)	1.0	
Check overall health (systemic disease, pregnancy, etc.)	1.0	Modified
Checking the dental chart, check the patient's chief complaint (C.C.)	1.0	
Checking the doctor's opinion, select the x-ray technology	1.0	Modified
Checking the doctor's opinion select the tooth for x-ray	1.0	Modified
Explain to the patient the purpose of the x-ray	1.0	
Explain to patients about the radiation dose and safety during radiography	1.0	Modified
Wear protective equipment (lead vest, etc.) to protect the patient	1.0	
Remove embarrassing foreign objects	1.0	Modified
Adjust the patient's posture (occlusal surface is parallel to the floor)	1.0	Reorder
Select the dose appropriate for the patient's age	1.0	Reorder, Modified
Select the dose appropriate for the x-ray taken tooth	1.0	Reorder
Pre-shooting stage		
Remove over gloves, perform hand hygiene, and put on medical gloves	1.0	Addition
Cover the surface of the digital sensor	1.0	Reorder, Addition
Position the sensor at the center of the tooth	1.0	Reorder, Addition
Position the digital sensor parallel to the long axis of the tooth	1.0	Reorder
Position the x-ray tube close to the skin	1.0	
Adjust the digital sensor is located center of tube	1.0	Modified
Adjust the vertical angle	1.0	Modified
Adjust the horizontal angle	1.0	Modified
Shooting stage		
Check the bisecting angle	1.0	
Inform the patient that an x-ray will be taken	1.0	
Instructions are given to avoid movement	1.0	Modified
Close the x-ray room door and press the switch	1.0	
Remove the digital sensor from the oral cavity	1.0	
Evaluation stage		
Accurately obtained 'tooth area'	1.0	Modified
'Extension' did not occur	1.0	
'Shortening' did not occur	1.0	
'Cone cut' did not occur	1.0	
'Overlapping' did not occur	1.0	
'Exposure errors' did not occur	1.0	Modified
There were no other errors	1.0	Addition

Table 1. Summary of expert validity verification (continued)

Performance competency	CVI	Revision
Check for errors and determine whether to retake the shot	1.0	
Finishing stage		
Situation 1. Image acquisition successful	1.0	
Inform the patient that the x-ray has been completed	1.0	
Remove protective equipment	1.0	Modified
Situation 2. Image acquisition successful image acquisition failed		
Explain to the patient the reason for repeat imaging	1.0	
Re-perform from the pre-shooting stage stage	1.0	Modified
Take off gloves and hand hygiene	1.0	Modified
Remove the barrier film wearing over gloves	1.0	Modified
Disinfect the surface	1.0	
Hand hygiene	1.0	Modified
Communication	1.0	
Explained in an easy-to-understand manner	1.0	
The process was explained to the patient and performed	1.0	
Confirm the patient's discomfort and accommodate their requests	1.0	
Listen attentively to the patient	1.0	
Communicate with a positive attitude and treat kindly	1.0	

3.2. 수행역량 기반 시나리오 개발

수행역량 기반 시나리오는 촬영 준비 단계, 촬영 전 단계, 촬영 단계, 결과 평가 단계, 촬영 마무리단계로 구성된다. '촬영 준비단계'는 개인 피폭 선량계 착용 후 표면관리의 과정을 수행하고, 가상환자 등장한 후 개인의 인적사항 확인, 방사선 촬영 목적과 안정성에 대한 설명, 납방어복 착용, 계기판 조절 등의 촬영 준비를 하는 단계이다. '촬영 전 단계'는 방사선 스위치를 조작하기 전의 단계로, 개인보호구를 착용한 뒤 환자 자세 조절, 디지털 센서 및 관구 조정의 과정을 수행한다. '촬영 단계'는 방사선을 조사하는 단계로 환자에게 촬영에 대한 예고와 주의사항 설명 후 촬영 스위치를 누르는 단계이다. '결과 평가 단계'는 촬영된 결과를 판독하는 단계로 결과의 실책 여부를 확인하고 재촬영 또는 촬영종료 여부를 결정하는 단계이다. '촬영 마무리 단계'는 환자가 퇴장한 후, 치과 방사선실의 감염관리를 수행하는 단계로 개인보호구 착용, 표면관리, 손위생을 수행한다. 가상현실 시뮬레이션은 학생들이 전통적인 팬텀 실습에서 경험하지 못한 감염 관리 및 의사소통과 같은 익숙하지 않은 수행행위를 포함하기 때문에, 수행 과정을 난이도별로 학습할 수 있도록 '연습 모드'와 '실전 모드' 두 가지로 구성하였다. '연습 모드'는 학습자가 수행 역량을 확인하고 의사소통 할 수 있도록 알림말과 자막을 제공하였고, 수행행위를 유추할 수 있도록 위치와 물체에 반짝이는 효과를 주어 단서를 제공하였다. '실전 모드'는 '연습 모드'가 모두 익숙해진 뒤 수행하는 단계로 프로그램 내 알림말, 자막, 단서를 제거하여 학생들의 학습 정도를 평가하도록 제작하였다(Table 2).

Table 2. Virtual reality simulation education program scenario

Performance competency	Alerts and clue* / Performance and scenario**
Preparation stage	
Wear a TLD badge	*Please wear a TLD badge **Have you worn your TLD badge? Check the notice and click 'Yes'
Hand hygiene	*Indicate with hand sanitizer and over glove (with a sparkle effect) **After disinfecting hands, wear over gloves
Check the connections between the x-ray and computer	*Perform surface disinfection (with a sparkle effect) **Click disinfectant wipes and proceed with surface disinfection
Disinfect the surface of items needed for x-ray taking	*,**Perform surface disinfection (with a sparkle effect)
Applying dental barrier film	*,**Attach barrier film (with a sparkle effect) (Confirm through quiz notification for areas not reproducible within the program, e.g., computer devices)
Identify personal information (name, date of birth, etc.)	*Verify the patient's personal information through the dental chart **Student: “Please tell me your date of birth and name” **Patient: “Yes, I was born on February 28, 1963. My name is OOO”
Check overall health (systemic disease, pregnancy, etc.)	*Verify through the dental chart
Checking the dental chart, check the patient's chief complaint (C.C.)	*Verify through the dental chart
Checking the doctor’s opinion, select the x-ray technology	*Verify through the dental chart
Checking the doctor’s opinion select the tooth for x-ray	*Verify through the dental chart
Explain to the patient the purpose of the x-ray	**Student: “We will take an x-ray for an accurate diagnosis of the XX tooth” **Patient: Yes, understood
Explain to patients about the radiation dose and safety during radiography	**Student: “The exposure from x-rays is at a safe level, so you can rest assured” **Patient: Yes, understood
Wear protective equipment to protect the patient	*,**Please have the patient wear a lead apron
Remove embarrassing foreign objects (Ensure the patient is wearing glasses)	**Student: “Please remove any eyeglasses, which can obstruct the imaging” **Patient: (Removing glasses)
Adjust the patient's posture (occlusal surface is parallel to the floor)	*,**Adjust the patient's position to ensure the occlusal plane is parallel (provide guidance on the ala-tragus line)
Select the dose appropriate for the patient's age	*,**Select 'Adult' on the control panel
Select the dose appropriate for the x-ray taken tooth	*,**Select 'molar' on the control panel
Pre-shooting stage	
Remove over gloves, perform hand hygiene, and put on medical gloves	*Indicate on the hand sanitizer and medical gloves (with a sparkle effect) **Remove over gloves, disinfect hands, and then wear examination gloves
Cover the surface of the digital sensor	
Position the sensor at the center of the tooth	*,**Position the digital sensor at the center of the tooth
Position the digital sensor parallel to the long axis of the tooth	*,**Position the digital sensor parallel to the long axis of the target tooth
Position the x-ray tube close to the skin	*,**Position the x-ray tube close to the facial skin
Adjust the digital sensor is located center of tube	*,**Align the digital sensor to the center of the x-ray tube
Adjust the vertical angle	*,**Adjust the vertical angle of the x-ray tube
Adjust the horizontal angle	*,**Adjust the horizontal angle of the x-ray tube

*Alerts and clue
**Performance and scenario

Table 2. Virtual reality simulation education program scenario (continued)

Performance competency		Alerts and clue* Performance and scenario**
Check the bisecting angle		*,**Reconfirm the bisecting line
Shooting stage		
Inform the patient that an x-ray will be taken		**Student: 'I will begin the x-ray imaging'
Instructions are given to avoid movement		**Student: Please refrain from moving during the imaging **Patient: Yes, understood
Close the x-ray room door and press the switch		*,**Press the x-ray examination switch
Remove the digital sensor from the oral cavity		*,**After removing the digital sensor from the patient's mouth, place it on the tray
Evaluation stage		
Accurately obtained 'tooth area'		*Provide notifications for 7 common x-ray errors **Identify common x-ray errors observed
'Extension' did not occur		
'shortening' did not occur		
'Cone cut' did not occur		
'Overlapping' did not occur		
'Exposure errors' did not occur		
There were no other errors		
Check for errors and determine whether to retake the shot		*,**Selecting 'Retake' or 'Finish Imaging'
Finishing stage		
Image acquisition successful	Inform the patient that the x-ray has been completed	**Student: The imaging is complete
	Remove protective equipment	
Image acquisition failed	Explain to the patient the reason for repeat imaging	**Student: We will retake the image because the area wasn't captured accurately Patient: Yes, understood
	Re-perform from the pre-shooting stage	**Go back to the stage of shooting
Take off gloves and hand hygiene		*,**Remove the medical gloves hand sanitizer (with a sparkle effect)
Remove the barrier film wearing over gloves		*,**Remove the barrier film (with a sparkle effect)
Disinfect the surface		*,**Disinfect the surface (with a sparkle effect)
Hand hygiene		*,**Remove the medical gloves hand sanitizer (with a sparkle effect)

*Alerts and clue
**Performance and scenario

4. 고안

본 연구는 구강 악안면 영상학 실습을 치위생학 교육에 임상적으로 적응할 수 있도록 실제 방사선실에서 치과위생사가 수행하는 행위와 의사소통을 학습할 수 있는 가상현실 시뮬레이션 프로그램을 개발하는 것을 목적으로 수행되었다. 대부분의 가상현실 시뮬레이션 콘텐츠 개발은 치과 전문가가 개발하기 어려운 점이 있어 프로그램에 오류나 제한점이 존재할 수 있다. 그러나 본 연구는 치위생학 실습을 운영하는 연구자가 프로그램을 기획하고, 전문가 집단을 통해 타당성을 검증한 역량을 바탕으로 프로그램을 구성하였기에 본 연구의 의미가 있다고 판단된다.

전문가 타당도 검증 결과, 모든 항목의 내용 타당도 지수(CVI)가 1.0으로 확인되었다. 이러한 결과는 1차 전문가 검증에서 제시된 의견이 적절히 반영·수정됨에 따라 2차 검증에서 전문가 간 높은 합의 수준이 형성된 것으로 사료된다.

치위생학에서 교육되는 구강 악안면 영상학 실습은 원자력 안전법에 근거하여 교수자와 학습자가 건강 진단, 피폭 관리, 안전 교육 훈련을 받아야 하며, 실습 교육에 필요한 기자재 구입과 피폭의 안전성 문제로 실습 운영에 어려움이 있다. 특히, 인체에 직접 방사선을 조사할 수 없어 팬텀 모형을 사용하여 실습을 진행하므로, 실제 임상 상황에서 감염 관리, 의사소통, 환자 피폭 관리 등 전체 과정을 구현하기 어렵다. 또한 전통적인 팬텀 실습은 방사선 실습 구역이 전체 학생을 수용하기 어렵고 교수자의 시간적 제약이 있어, 학생들이 촬영 술기를 반복적으로 연습하는 데 어려움이 있다. 따라서 이러한 전통적인 실습의 제한점을 보완하여 학생들이 실제 임상과 유사한 환경에서 반복적으로 실습함으로써 구강 악안면 영상학 역량을 향상시키는데 목적이 있다.

치과위생사의 역량은 임상 현장에서 객관적인 수행 과정을 기반으로 지식과 기술을 효과적으로 활용하여 바람직한 수행 행위를 실천하는 능력을 의미한다. 따라서 수행역량을 체계적으로 학습하기 위해서는 치위생학 실습과정이 임상과 유사한 환경으로 재현되고, 각 단계가 유기적으로 연계된 전체적인 과정을 통해 학습이 이루어져야 한다. 그러나 현재의 전통 실습은 운영상의 어려움으로 실제 임상 환경을 완전하게 재현하는 데 한계가 있다.

이에 본 연구는 전통적인 실습을 보완하기 위해 감염관리, 의사소통, 반복연습과 관련된 문제를 해결하고자 구강 악안면 영상학 실습을 위한 수행역량을 구성하고, 이를 기반으로 시나리오를 제작하였다. 시나리오는 특정 사건이 발생하는 다양한 가상 상황과 그에 따른 구체적인 절차를 서술한 형식을 의미하며(23), 본 연구에서는 임상 실무에서 치과위생사가 실제로 수행하는 등각 촬영업무와 유사한 환경을 구현하여 수행하는 과정과, 가상현실 속 환자 역할을 하는 아바타와 의사소통 과정을 포함하는 시나리오를 뜻한다. 실제 간호교육에서 시나리오를 활용한 가상현실은 교육은 지식, 수행, 효능감에서 긍정적인 효과를 보였으며(24), 일반적인 임상적 상황에 대한 이해를 통해 실제 임상 환경의 적응력을 높이고, 다양한 특수한 환경을 제시함으로써 학생들의 비판적 사고와 수행능력을 향상시키는데 효과적인 것으로 보고되었다(25).

치과 방사선실에서 수행해야 하는 감염관리는 개인보호장구 착용, 손 위생, 표면관리 등의 절차를 포함하며, 특히 의료기관의 특성상 감염관리의 수행 부위 및 순서를 정확히 따르는 것이 필수적이다. 치과 내 방사선 촬영실은 환자의 구강 내 필름을 삽입하는 과정에서 타액이나 혈액의 노출로 인한 교차 감염 가능성이 높다. 그러나 방사선 촬영실은 치과 진료실보다 감염 관리 교육 경험이 부족하고, 개인 보호구 착용과 소독 실천이 미흡한 것으로 보고되었다(26). Nam YS(27), Park JH과 Jang KA(28)의 연구에 따르면 치과 진료실 내 감염 관리 실천도는 교육 경험과 지식이 많은 경우 실천율이 높게 나타났으므로, 방사선 촬영실의 감염 관리 교육이 필요하다. 따라서 본 교육 프로그램에서는 학생들이 개인 보호구 착용을 감염 관리 원칙과 수행 순서에 맞게 올바르게 착용하고, 표면 관리 또한 수행 순서와 부위를 익히고 연습할 수 있도록 구성하였다. 특히 치위생학의 감염 관리 수행 과정은 수행 순서를 지키는 것이 매우 중요하므로, 프로그램 내에서 잘못된 순서를 수행하면 다음 수행 단계로 넘어가지 않도록 하여 학습자가 수행 순서를 쉽게 기억할 수 있도록 하였다.

한편, 의사소통 역량은 언어적 및 비언어적 수단을 통해 타인과 효과적으로 상호작용하는 능력을 의미하며 현대 사회에서 중요한 역량으로 평가된다(29, 30). 대한치과위생사협회와 미국치과위생사협회에서도 치과 전문가의 핵심 역량으로 의사소통 기술을 강조하고 있다. 치과 전문가의 의사소통 능력은 환자와의 신뢰와 친밀감을 형성하는 데 영향을 주며, 환자의 지속적인 치료와 관계 형성에 중요한 역할을 한다(31). 국내 치과위생사의 의사소통 역량에 관한 체계적인 문헌고찰에 따르면 의사소통 능력은 치과위생사의 핵심 역량 세부 영역과 유의한 관계가 있으며(32), 그 중 가장 높은 상관성을 보인 역량은 과학적이고 전문적인 임상 업무의 지식과 기술을 적용할 수 있는 능력이었다(33). 따라서 교육 프로그램은 최종 수행 역량을 바탕으로 시나리오를 작성하였고, 촬영 준비 단계에서는 치과위생사가 가상 환자에게 인적 사항 확인, 방사선 피폭량과 안정성, 납 방어복 착용의 필요성에 대해 설명하도록 하였다. 촬영 전 단계에서는 환자의 자세를 조정한 후 촬영에 대해 예고하도록 하였으며, 촬영 마무리 단계에서는 촬영 실수로 재촬영이 필요한 경우 환자에게 그 사유를 설명할 수 있도록 구성하였다. 의사소통의 평가는 각 단계의 역량에 맞게 학생이 적절하게 의사소통을 수행했는지, 환자에게 올바른 언어를 사용하여 친절하게 의사소통을 했는지를 중점적으로 평가하였다. 의사소통 또한 연습 모드와 실전 모드로 구분하여, 연습 모드에서는 학습

자가 의사 소통하는 평균 시간을 고려하여 프로그램 내 자막을 제공하고, 실전 모드에서는 자막 없이 각 상황에 맞게 의사소통을 할 수 있는지 확인하고 평가하는 용도로 구성하였다.

본 연구의 한계점은 진료실에서 의사의 진단을 받은 환자가 치과위생사와 함께 치과 방사선실로 이동한 뒤 촬영을 수행하는 시나리오로 구성되었기 때문에, 치과위생사는 이미 진료 가운, 마스크, 보안경 등의 개인 보호 장구를 착용한 상태에서 치과 방사선실에 입장하므로, 방사선실 내부에서는 글러브 착용만 이루어진다. 따라서 차후 프로그램에서는 학생들에게 글러브 외에 다른 개인 보호구의 착용이 이미 이루어졌다는 것을 알림으로 제공하거나, 개인 보호구 착용 상태를 미러링하여 볼 수 있도록 하여 치과 방사선실에서 착용해야 하는 개인 보호구의 종류와 착용 순서를 제공하는 것이 필요하다. 또한 시나리오가 상,하악 구치부에 관한 2개의 시나리오로 구성되어 있으므로 다양한 부위와 상황에 맞는 시나리오 개발이 필요하다.

하지만 본 프로그램은 전통적인 팬텀 실습을 보완할 수 있는 학습 매체로서 감염 관리와 의사소통 과정을 수행하고, 학생들이 시공간의 제약이나 교수자의 지도 없이 반복적으로 술기 과정을 연습할 수 있는 매체가 될 수 있다고 판단된다. 따라서 본 도구는 향후 치의학 및 치위생학의 구강악안면 영상학 실습에서 효과적인 교육 매체로 활용될 수 있을 것으로 판단되며, 실습 성과를 체계적으로 평가하는 후속 연구가 요구된다.

5. 결론

본 연구는 치위생과 학생을 대상으로 구강 악안면 영상학 촬영을 위한 가상현실 시뮬레이션을 위해 문헌고찰(1, 2, 3)을 통해 수행역량을 개발하고 전문가 타당도를 통해 최종수행역량을 구성하고 시나리오를 개발하였다.

1. 예비수행역량은 총 48개로 개발되었으며 전문가집단의 내용타당도 검증 후 '순서 변경' 10문항, '문구 수정' 20문항, '문항 추가' 3문항으로 나타났다. 최종 개발된 51개 문항의 CVI값은 1.0이었고, 각 단계별 CVI값 또한 1.0으로 나타났다.
2. 개발된 교육 프로그램은 구강 악안면 영상학의 전통적인 실습을 보완할 수 있도록 개인보호구 착용, 표면 관리의 감염관리 및 치료방사선실 내에서 환자와 의사소통에 필요한 역량을 추가하여 개발하였다.
3. 개발된 교육 프로그램은 치의학 및 치위생학의 전통적인 실습을 보완할 수 있는 매체로 판단되며 차후 다양한 시나리오가 개발될 수 있도록 시스템 마련과 지원이 필요할 것으로 사료된다.

Author contributions

Conceptualization: BG LEE and SJ Mun. Data curation: BG LEE. Formal analysis: BG LEE and SJ Mun. Funding acquisition: BG LEE. Investigation: BG LEE. Methodology: BG LEE and SJ Mun. Supervision: BG LEE and SJ Mun. Validation: BG LEE. Writing—original draft: BG LEE. Writing—review & editing: BG LEE and SJ Mun.

Acknowledgement

이 논문은 VR 및 ICT 전문기업인 브이알애드(VRAD)를 통해 프로그램 제작 및 장비 지원을 받았다.

References

1. Park JY. Massive expansion of non-face-to-face education triggered by COVID-19. Transactions of the Korean Society of Mechanical Engieers C: Technology and Education 2021;9(1):1-5. 10.3795/KSME-C.2021.9.1.001.
2. Kim GJ. Development and evaluation of infection control education contents using virtual reality. Journal of Digital Contents Society 2023;24(11):2711-2717. 10.9728/dcs.2023.24.11.2711.

3. Lee JH. A study on the revitalization of virtual reality-based education. Journal of the Korean Society of Design Culture 2019;25(1):357-366. 10.18208/ksdc.2019.25.1.357.
4. Park JT, Kim JH, Kim MY, Lee JH. Effects of educational content for dental extraction using virtual reality technology on dental extraction knowledge, skill and class satisfaction. Jour of KoCon a 2019;19(2):650-660. 10.5392/JKCA.2019.19.02.650.
5. Monaghesh E, Negahdari R, Samad-Soltani T. Application of virtual reality in dental implants: a systematic review. BMC Oral Health 2023;3(1):603. 10.1186/s12903-023-03290-7.
6. Collaço E, Kira E, Sallaberry LH, Queiroz AC, Machado MA, Crivello Jr O, et al. Immersion and haptic feedback impacts on dental anesthesia technical skills virtual reality training. Journal of Dental Education 2021;85(4):589-598. 10.1002/jdd.12503.
7. Gu JY, Lee JG. Effects of a new clinical training simulator for dental radiography using augmented reality on self-efficacy, interest in learning, flow, and practice satisfaction. Journal of Digital Contents Society 2018;19(9):1811-1817. 10.9728/dcs.2018.19.9.1811.
8. Kilmon CA, Brown L, Ghosh S, Mikitiuk A. Immersive virtual reality simulations in nursing education. Nurs Educ Perspect 2010;31(5):314-317.
9. Choi J, Thompson CE, Choi J, Waddill CB, Choi S. Effectiveness of immersive virtual reality in nursing education: systematic review. Nurse Educ 2022;47(3):E57-E61. 10.1097/NNE.0000000000001117.
10. Yu M, Yang M, Ku B, Mann JS. Effects of virtual reality simulation program regarding high-risk neonatal infection control on nursing students. Asian Nurs Res (Korean Soc Nurs Sci) 2021;15(3):189-196. 10.1016/j.anr.2021.03.002.
11. Im JE, Bae JH, Lee JG. Comparative analysis of learning outcomes in the education of the bisecting-angle technique using virtual reality mediums: with a focus on the utilization of 360-degree video versus three-dimensional objects. Journal of Next-generation Convergence Technology Association 2024;8(3):666-676. 10.33097/JNCTA.2024.08.3.666.
12. Im JE, Gu JY, Lim EJ, Lee JG. Virtual reality technology using a 360° video: development and evaluation of an educational tool for intraoral radiography using the bisecting angle technique. Virtual Real 2023;27(4):3599-3612. 10.1007/s10055-023-00803-1.
13. Ramritu PL, Barnard A. New nurse graduates' understanding of competence. Int Nurs Rev 2001;48(1):47-57. 10.1046/j.1466-7657.2001.00048.x.
14. While AE. Competence versus performance: which is more important? J Adv Nurs 1994;20(3):525-531. 10.1111/j.1365-2648.1994.tb02391.x.
15. Korean Association of Dental Hygiene Infection Control. Community. report. infection control guidelines for dental offices. [online] https://www.ksicpdh.org/. 2025.05.02
16. Lee BG. Effects of scenario-based dental hygiene education program using virtual reality: oral and maxillofacial radiology[Unpublished doctoral dissertation]. Seoul:Yonsei University of Graduate School;2024.
17. Lynn MR. Determination and quantification of content validity. Nurs Res 1986;35(6):382-385. 10.1097/00006199-198611000-00017.
18. Won BY, Hwang MY, Jang GW, Heo NS, Yun MS, Park SS. Analysis of dental radiography phantom practice of dental hygiene students. J Korean Soc Dent Hyg 2018;18(6):1013-1023. 10.13065/jksdh.20180087.
19. Ahn GS, Kim HJ. Analysis of oral radiography practice. J Korean Soc Dent Hyg 2011;11(5):783-790.
20. Lee KH, Park IS, Jung JO. A comparative study on rate of error with bisecting angle technique and paralleling technique. J Dent Hyg Sci 2011;11(3):155-161.

21. Bae SS, Yu JH, Kim SK, Mun SJ, Han SY, Kang MK et al. A study on the development of a new model for the clinical skill assessment of dental hygienists for comprehensive clinical skill evaluation. Seoul: Korea health personnel licensing examination institute;2016:113-121.
22. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Medical Radiation Bulletin. Diagnostic Reference Level Guidelines (Dental Imaging). [online] https://www.kdca.go.kr/index.es?sid=a2. 2025.05.02
23. Heo HG, Jung JS. Content development of team communication and collaboration immersive virtual reality simulation for patient safety of nursing students. Jour of KoCon a 2023;23(2):657-670. 10.5392/JKCA.2023.23.02.657.
24. Kim SG, Eom MR, Kim ON. Convergence study of nursing simulation training for patient with schizophrenia: a systematic review. Journal of Industrial Convergence 2019;17(2):45-52. 10.22678/JIC.2019.17.2.045.
25. Kim S, Kim HS. Effects of the SBAR training program in essential fundamental nursing skills on communication competence, critical thinking disposition and problem-solving ability of nursing students. The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction 2022;20(2):1071-1086. 10.22251/jlcci.2022.20.2.1071.
26. Choi HW, Choi YS. Actual state of dental hygienist's behavior for infection control during dental practice and radiologic examination. J Korean Soc Dent Hyg 2011;11(2):169-178.
27. Nam YS, Yoo JS, Park MS. A study on actual conditions for prevention of infections by dental hygienists. J Dent Hyg Sci 2007;7(1):1-7.
28. Park JH, Jang KA. The knowledge of infection control, practice and performance of dental hygienists. J Korean Soc Dent Hyg 2012;12(5):953-961. 10.13065/jksdh.2012.12.5.953.
29. Lee YH, Lee YM, Park YG. Patients' expectations of a good dentist: the views of communication. J Korean J Health Commun 2011;6(2):89-104. 10.15715/kjhcom.2011.6.2.89.
30. Son YH. An exploratory study for development of tools to measure university students' communication competence. Journal of Speech, Media and Communication Research 2016;15(1):83-107.
31. Kim DE, Jang JH. Communication competency for dental hygienists in Korea: a scoping review. J Korean Soc Dent Hyg 2024;24(5):361-372. 10.13065/jksdh.20240501.
32. Lee SM, Yun JW, Lee JH. Communication competence in dental healthcare hygienists. J Korean Soc Dent Hyg 2020;20(3):359-367. 10.13065/jksdh.20200033.
33. Lee SM, Jang KA, Lee JH. A study on core competence of dental hygiene based on learning outcomes for establishing dental hygiene education evaluation and certification system. Journal of the Korea Convergence Society 2020;11(9):65-72. 10.15207/JKCS.2020.11.9.065.