

# 치과방사선사진과 증강현실을 활용한 방사선촬영법 숙련용 디지털 콘텐츠 개발에 대한 융복합 연구

구자영<sup>1</sup>, 이재기<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>남서울대학교 대학원 치위생학과 박사과정, <sup>2</sup>남서울대학교 치위생학과 조교수

## Convergence and integration study related to development of digital contents for radiography training using dental radiograph and augmented reality

Ja-Young Gu<sup>1</sup>, Jae-Gi Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Doctoral program, Department of Dental Hygiene, The Graduate School of Namseoul University

<sup>2</sup>Assistant professor, Department of Dental Hygiene, College of Health and Medicine, Namseoul University

요 약 이 연구의 목적은 증강현실기술을 활용하여 치과 방사선 촬영술의 반복 연습이 가능한 디지털 콘텐츠를 개발하는 데 있다. 성인 모델의 외형을 사진 촬영하고, 실습용 마네킹 팬텀을 컴퓨터 단층 촬영한 후, 이를 중첩하여 삼차원 객체를 제작하였다. 또한, 결과로 출력되는 106장의 방사선사진은 촬영법과 관련된 치아 정보를 활용하여 데이터베이스화하였고, 학습자가 성공적인 촬영을 수행하면 각 촬영조건에 맞는 부위별 영상이 호출되도록 시스템을 구축하였다. 이를 통해 임상 전 단계에서의 연습을 반복적으로 시행할 수 있었다. 이 콘텐츠를 이용하여 치과위생사의 방사선 촬영 임상 실무역량을 향상하는데 기여하고자 한다. 다만, 직접 얼굴인식을 통해 촬영하는 것이 실습효용 가치가 클 것으로 예상하기 때문에 이에 관련한 후속 연구가 필요하다.

주제어 : 방사선촬영술 연습, 융복합 연구, 증강현실, 치과방사선사진, 치과방사선촬영술

**Abstract** This study aims to develop digital techniques that enable repeated practice of dental radiography using augmented reality technology. A three-dimensional object was fabricated by superimposing a photograph of an adult model and a computed tomography image of a manikin phantom. The system was structured using 106 radiographs such that one of these saved radiographs is opened when the user attempts to take a radiograph on a mobile device. This system enabled users to repeatedly practice at the pre-clinical stage without exposure to radiation. We attempt to contribute to enhancing dental hygienists' competency in dental radiography using these techniques. However, a system that enables the user to actually take a radiograph based on face recognition would be more useful in terms of practice, so additional studies are needed on the topic.

**Key Words** : Radiography training, Convergence and integration study, Augmented Reality, Dental radiograph, Dental radiography

\*This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MEST) (NRF-2017R1C1B2010198)

\*Corresponding Author : Jae-Gi Lee (leejaegi@nsu.ac.kr)

Received October 8, 2018

Revised November 30, 2018

Accepted December 20, 2018

Published December 28, 2018

## 1. 서론

치과위생사는 치과 의사와 함께 국민구강보건 향상에 중요한 역할을 담당하는 전문직업인으로서 구강보건 건강 증진과 치과질환 예방 및 다양한 의료 관련 업무를 수행하고 있다[1,2]. 치과위생사는 업무현장에서 다양한 임상 실무역량이 요구되며, 구내 방사선사진 촬영은 치과 위생사가 담당하는 기본적인 업무에 해당한다[3]. 치과 의료기관에서의 방사선 촬영은 눈으로 직접 관찰하기 어려운 병소를 확인할 수 있고, 치료의 경과관찰 및 예후추적을 가능하게 해주기 때문에, 치과 질환을 진단하고 치료함에 필수적이다. 특히, 복잡한 구강구조(골과 치아)의 특정 부위를 방사선사진 상에 나타내야 하기 때문에, 정확한 방사선 촬영 수행을 위한 사전 임상술기 숙달이 필요하다[3].

그러나 방사선 인체 피폭량 제한에 따른 국외의 동향[4]과 국내 원자력안전법 개정(2016)으로 수시출입자에 대한 안전관리체계가 방사선 작업종사자와 같은 수준으로 강화되었고, 개편된 주요 사항은 수시출입자 건강진단, 피폭선량 기록 5년간 유지, 교육훈련, 연간 유효 선량 한도 하향 조정 등이 포함된다[5]. 특히, 대학이 소유하고 있는 방사선 촬영시설은 의료용 방사선으로 분류되지 않아서 근본적으로 인체 방사선 촬영이 불가능하다. 또한, 원자력안전법령 개정으로 치위생학과 학생들은 인체의 조직등가물질로 제작된 고가의 방사선 촬영용 팬텀을 사용해 실습을 진행해야 한다. 대학의 방사선 촬영실은 방사선 관리구역에 해당하며, 출입하는 학생들은 원자력안전법에서 정의한 방사선 작업종사자 또는 수시출입자에 해당한다[6]. 이로 인해, 방사선 촬영의 상호실습에 제한이 있고, 방사선 촬영에 대한 반복적인 수행이 어려워져 임상 실무역량을 강화하기 어려운 실정이다.

치과위생사를 양성하는 치위생학과에서는 실무역량 강화를 위해 치과 방사선교과목을 치과방사선학(구강방사선학)과 치과방사선학 실습(구강방사선학 실습) 등으로 3~8학점으로 개설하여, 해부학적 구조물과 구강 방사선 촬영원리, 병소에 대한 관독을 익혀 임상에서 활용할 수 있도록 이론 및 실습교육을 하고 있다[7]. 이러한 실습교육은 국가직무능력표준(National competency standards, NCS)을 따르고 있다[8]. 최근 실무역량 강화에 대한 NCS 변화로 인해, 교육 훈련기관(대학)은 학습자의 지식과 수행능력 향상을 위하여 교육 훈련과정을

체계화하고 다양한 교육 도구 개발을 시도하고 있고, 직무능력을 갖춘 실무형 인재양성을 위하여 노력하고 있다. NCS를 기반으로 한 구내방사선 촬영 실습은 실무역량 강화를 위해 정확한 촬영기술의 교육을 요구하고 있으나, 원자력법 개정과 고가의 팬텀 사용, 상호실습의 제약 등으로 인해 학생들은 반복적인 연습이 어렵고, 임상 실무역량 약화가 우려되는 상황이다.

증강현실(Augmented Reality, AR)은 이러한 제약을 극복할 수 있는 새로운 교육도구 제작에 필요한 기술이다. AR은 학습자에게 현실과 가상의 사물을 중첩시켜 정보를 제공함으로써 체험 중심의 지식함양과 학습경험을 가능하게 한다[9,10]. 또한, 구내방사선 촬영기로 직접적인 촬영을 할 수 없는 여건에서, 방사선 촬영기를 직접 조작하여 모바일 기기의 화면에서 증강된 현실을 체험할 수 있게 하여, 반복적인 연습이 가능하도록 하는 구현이 가능하다. 이 연구에서는 스마트폰에서 AR 환경을 구현하여, 사용자가 현실에서 취하고 있는 조작정보와 동일 위치정보를 가지고 있는 데이터를 결과물로 보여주는 방식을 활용하였다[11]. 특히, AR 기술을 이용한 시뮬레이션 교육은 의료 관련 학습자들에게 제한적인 여건에 구애받지 않는 학습환경을 제공하여 반복적인 연습을 가능하게 하고[12], 해당 실습에 대해 즉각적이며 적절한 피드백을 제공하여, 경험 중심적인 지식습득과 수행능력 향상의 결과를 가져올 수 있다. 현재 AR 기술을 활용하여 영상진단학, 재활의학, 신경과학, 간호학 분야와 치과 임플란트 수술 시뮬레이션 교육도구 등과 같은 의료교육 영역에서 AR 기술을 활용하여 다양한 연구를 진행하고 있다[13-16]. 그러나 치위생학 분야에서는 디지털 콘텐츠를 활용하여 환자의 심리적인 상태를 경감시키기 위한 연구는 이루어지고 있지만[17], AR을 활용한 치과 방사선 촬영 숙달 교육도구 개발은 현재까지 보고된 사례는 없다.

이 연구는 실제 방사선 촬영기와 다양한 구강 내 특성(실제 환자가 가진 치아우식, 보철, 부정교합 등)을 반영한 치과 방사선사진을 AR 기술에 적용하여, 실제 방사선 촬영기를 사용해 촬영 시뮬레이션이 가능하도록 모바일 콘텐츠를 개발하였다. 실제 치과 방사선사진을 활용하여, 학습 효과를 높이고자 하였다. 개발한 모바일 콘텐츠는 실제 방사선 촬영기에 직접 부착하여 환자를 대상으로 수행하는 방사선 촬영과정을 그대로 재현할 수 있도록 하였다. 이를 통해, 방사선 촬영 실습을 진행하는 학생들

은 방사선 피폭 위험에서 안전할 수 있고, 현상과정이 필요 없는 재촬영 과정을 통해 임상 업무역량 강화에 기여할 것으로 생각한다. 또한, 이 연구의 결과 및 노하우(knowhow)를 활용하여, 향후 의료분야에서 증강현실 기반 시뮬레이션 교육 도구 개발을 위한 연구가 더욱 활발히 진행되어 타 학문과의 융복합에 대한 용이성을 높이는 제반 지식을 함양하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 가상객체 구현을 위한 모델링

가상객체의 치아를 포함한 머리뼈 형성은 X선 촬영용 팬텀(Angiographic CT Head phantom, Kyoto KAGAKU co., JAPAN)에 대해 컴퓨터 단층촬영(Computed tomography)을 시행하였고, 수집된 방사선 단면 이미지를 이용하여, 경조직(골과 치아)과 연조직(피부)을 삼차원 재구성하였다. 두개골의 외관은 삼차원 재구성한 피부의 표면에 실제 모델의 얼굴 사진을 중첩하였다. 얼굴의 외형 촬영을 위해 공개모집을 하였고, 참여를 희망한 2명의 남녀 모델에게 연구의 목적과 취지를 설명하고 동의를 받은 후 진행하였으며, 디지털카메라(Digital Single Lens Reflex, DSLR)로 360° 방향에서 촬영하였다. 획득한 이미지는 Agisoft Photoscan Professional (Version 1.3.2 build 4205, Agisoft LLC, Russia)을 이용하여 3D 모델을 생성한 후, 형성된 high polygon 데이터를 Blender 소프트웨어(blender 2.78, open source: <https://www.blender.org>)에서 import 하여 일부 형태와 질감을 재구성하였다. 재구성하여 생성된 데이터는 삼차원(three dimensional, 3D) 모델링에 매핑(mapping)할 때 생길 수 있는 일그러짐을 바로 잡아주기 위해 UVmap을 제작하여 사람 얼굴과 같은 texture를 적용하였으며, 3D 두개골 모델에 오버랩

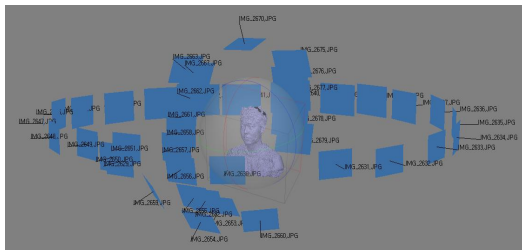


Fig. 1. Formation of three dimensional mesh based on real photo images for facial skin

(overlap)하여 최종 완성하였다(Fig. 1 참고). Fig. 1을 통하여 증강현실을 경험하는 사용자는 삼차원 객체를 조작하여 다양한 방향에서의 구내방사선 촬영이 가능하도록 하였다.

### 2.2 증강현실형 구내방사선촬영 시뮬레이션 콘텐츠 구성

Unity Engine (2017.3 version/Unity Technologies/USA)을 사용하여 모바일 디바이스(스마트폰)에서 증강현실을 구현할 수 있는 애플리케이션 형태로 제작하였으며, 개발한 시뮬레이터는 구내방사선 촬영용 기기에 부착하여 시뮬레이션할 수 있도록 하였다. 환자를 대상으로 하는 방사선 촬영과정을 그대로 재현할 수 있도록 하였다. 사용자가 모바일 애플리케이션을 실행시키면 카메라를 통해 Vuforia SDK (Vuforia SDK v7.0.36, Qualcomm)에서 제작한 QR 코드(Quick response code) 마커를 인식하게 되고, 스마트폰에 저장된 가상객체가 화면상에 출력할 수 있도록 제작하였다.

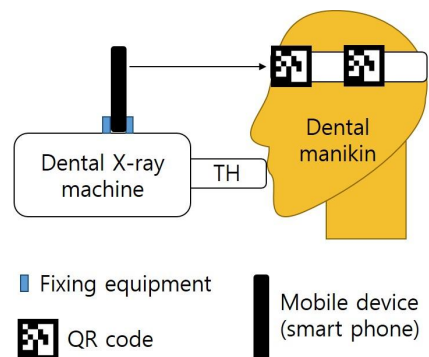


Fig. 2. Illustration showing QR (quick response) code position, dental X-ray machine, mobile device (smart phone), and fixing equipment for dental radiography on dental manikin by user. Arrow indicate path for detection of QR code from smart phone's camera to dental manikin. TB: tube head

애플리케이션은 시뮬레이션 실행 시, 스마트폰의 카메라 렌즈 위치를 관두로 가정하기 때문에, 방사선 기기의 실제 관두 위치와 스마트폰 카메라의 위치에 대한 마커 인식 오차를 줄이기 위해, 스마트폰의 카메라와 마커의 높기와 방향은 정확하게 일치하도록 하였다(Fig. 2 참고). 스마트폰의 카메라 높이와 관두 오차 높이는 프로그램

램 개발 시 강제적으로 높이 보정을 시행하였다. 그러나 방사선 촬영기에 설치된 시뮬레이터를 정확하게 수평으로 위치시키는 것은 어렵기 때문에 오차에 대한 허용범위( $\pm 10^\circ$ )를 두고 카메라 위치값 계산 시 반영되도록 하여 사용자의 편의를 고려하였다. 또한, 시뮬레이션 수행 중 촬영기에 부착된 카메라가 회전하면서, QR 코드가 카메라 가지 영역(field of view)에서 벗어나게 되면 마커 검출에 실패하기 때문에, 촬영대상의 위치로 인식되는 마커는 방사선 촬영용 마네킹의 이마 미간과 좌우 귀 끝 부위에 위치시키도록 하였다. 처음 인식한 마커가 가지 영역에서 벗어나더라도 곧바로 근처에 있는 QR 코드를 검출하여 다시 카메라 위치 추정을 할 수 있도록 제작하였다.

3D 치아 모델에는 카메라(방사선 기기의 관두) 초점이 맞췄지는 일정영역, 즉 촬영부위에 대한 중심방사선 입사점 영역에서만 성공적인 터치반응을 얻을 수 있도록 제한영역을 설정하였고, 영역별로 각각의 번호를 부여하여 데이터베이스에 저장하였다. 이 제한영역에 스마트폰(방사선 기기의 관두)의 수직각과 수평각에 대한 위치값을 입력받아, 촬영 성공과 실패를 결정하도록 하였다. 사용자가 이 성공조건에 만족하는 촬영행위를 했을 때 치과 방사선사진이 출력되도록 설계하였다.

치과 방사선 촬영 시뮬레이션에 대한 결과물은 실제 임상에서 촬영한 환자의 구내 방사선사진(개인식별이 불가능하도록 모든 개인정보를 삭제하였음)과 실습 시 사용하는 방사선 촬영용 마네킹의 구내 방사선사진을 사용하였다. 총 106장의 방사선사진이 사용자가 선택한 촬영 방법(등각촬영법, 교익촬영법)에 따라 랜덤(random)하게 출력되도록 하였다. 106장은 1번부터 106번으로 촬영 위치, 수평각, 수직각에 대한 정보를 각각 포함하고 있으며, 28장은 등각촬영에 사용되며, 78장은 교익촬영 시 호출된다. 사용자가 촬영을 시행할 경우 데이터베이스화된 106장의 사진 중에서 수평각과 수직각이 일치 되는 방사선사진이 출력되도록 하였다. 등각 촬영 시 호출되는 방사선사진은 실습용 팬텀 사진 14장, 임상 사진 14장으로 총 28장으로 구성되며, 교익촬영에 활용되는 임상 사진은 78장이고, 우측 대구치 24장, 우측 소구치 12장이며, 좌측 대구치 22장, 좌측 소구치 20장으로 구성하였다. 예를 들어, 교익촬영을 선택하여 촬영을 시도할 경우, 우측 대구치를 대상으로 하면 촬영 성공 시 24장의 사진이 랜덤하게 출력되어 24가지 임상 케이스를 확인할 수 있도록 하였다. 실제 환자마다 구강환경의 차이로 인해 수평

각과 수직각의 차이가 발생할 수 있는 오차를 보정하지는 않았다.

구내 방사선사진은 서울시에 소재한 A 치과 의료기관에서 개인정보 미포함상태로 제공받아 사용하였으며, 치아우식, 치아 보철, 임플란트 등 다양한 사례를 확인할 수 있도록 구성하였다. 전체적인 시뮬레이션 과정은 실제 환자를 대상으로 촬영하는 순서와 동일하며, 사용자가 촬영 시 발생하는 음향은 실제 방사선 촬영기에서 촬영음을 녹음하여 사용하였다. 시뮬레이터 사용자가 치아를 선택하고 촬영 수행을 하는 동안 촬영자가 부여하는 수직각과 수평각에 대한 실시간 정보를 사용자 인터페이스(user interface, UI)에서 확인할 수 있으며, 촬영 성공 시 해당 치아에 대한 촬영 각도와 위치정보에 따라 조건을 만족하는 구내 방사선사진이 화면상에 출력된다. 촬영 실패 시에는 촬영정보에 대한 가이드 화면이 출력되어 사용자가 즉각적인 피드백을 받을 수 있도록 시스템을 구성하였다.

### 2.3 디지털 콘텐츠를 사용하여 방사선 촬영 시 고려해야 할 사항

사용자는 모바일 기기를 실제 방사선 기기에 부착한 후 아래 사항에 대해 주의해야 정확한 방사선 촬영술 연습을 수행할 수 있다. 모바일 기기로 QR 코드를 인식시키고, 관두의 움직임이 모바일 기기 화면에서 증강된 현실과 일치하는 정도를 확인해야 한다. 등각촬영법과 교익촬영법 수행 시 이론에서 학습했던 각 치아에 대한 수직각과 수평각을 숙지하도록 한다. 치과 방사선 촬영기 관두의 위치가 촬영대상 치아에 정확하게 위치하는지를 확인해야 한다. 촬영이 되지 않을 경우, 가이드 화면을 통해 수직각과 수평각에 대한 관두 위치를 확인하고, 재촬영을 수행해야 한다. 촬영 시 실습용 팬텀은 실습도구가 아닌 실제 환자임을 인지하여 정확한 촬영술을 시행해야 한다.

## 3. 연구결과

치과 방사선 촬영 시뮬레이션을 위한 모바일 콘텐츠는 치과 의료기관에서 이루어지고 있는 방사선 촬영과정의 재현을 위해 방사선 촬영기에 고정하여 사용하도록 설계하였다. Fig. 3은 방사선 촬영기에 부착한 모바일 콘

텐츠를 사용하여 시뮬레이션을 수행하는 장면이며, 사용자가 부여하는 촬영 각도를 콘텐츠 화면을 통해 실시간으로 확인할 수 있다. 시뮬레이터의 카메라 위치는 방사선 기기의 관두와 일치하도록 오차를 보정하였고, 이를 통해 사용자는 방사선 기기를 조작하는 행위를 모바일 시뮬레이터를 통해 확인할 수 있다(Fig. 3 참고). 이때 촬영법과 관련한 수직각 등의 정보를 실시간 확인할 수 있다.

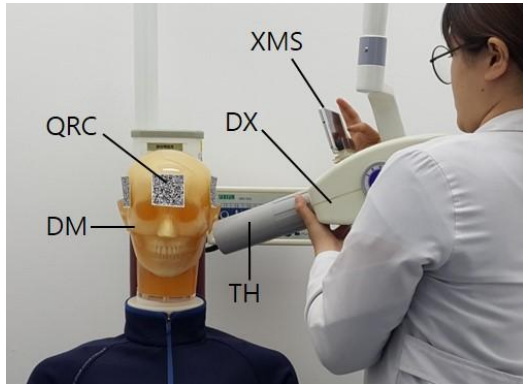


Fig. 3. Photograph showing the radiography practice of student using the mobile simulator. DM: dental manikin, DX: dental X-ray machine, QRC: quick response code, XMS: X-ray mobile simulator

Fig. 4는 좌·우측 구치부 교익촬영을 위한 치아선택 화면으로, 촬영하고자 하는 치아와 'OK' 버튼을 순차적으로 터치하면 촬영화면으로 전환된다. 전체 치아를 대상으로 한 등각촬영은 대상 치아 개수에 대한 차이만 있고 사용자 화면구성은 교익촬영과 동일하다.



Fig. 4. The graphical user interface showing when tooth choice for bitewing radiography. The maxillary second premolar was touched and selected.

사용자가 특정 치아를 선택하면 촬영행위에 대한 가이드를 위해 하늘색 3D 화살표(Guide point)가 출력되고, 사용자 시각에서 관두 초점이 되는 붉은색 동그라미를 3D guide point와 일치시키면 사용자가 의도한 촬영조건과 일치되어 성공적인 방사선 촬영이 가능하다. 화면 왼쪽 위에는 촬영하고자 하는 치아 정보를 노출하였고, 왼쪽 아래에서는 성공적인 촬영을 위한 정보와 실제 사용자가 부여하고 있는 촬영 각도를 확인할 수 있다.

3D 가상객체는 사용자의 의도에 따라 3가지 형태, 즉 일반적인 사람 모델, 머리뼈 모델, 치아 모델로 설정할 수 있고, 화면 위쪽에 있는 바를 조절하면 3D 모델을 5배로 확대 및 축소할 수 있다(Fig. 5 참고).

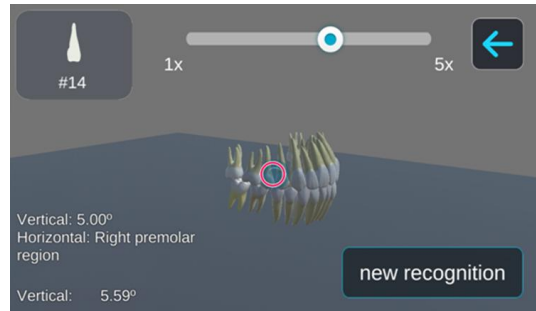


Fig. 5. User interface on the display of mobile simulator using augmented reality at right maxillary first premolar. Right circle indicate position of tubehead in dental X-ray machine.

시뮬레이션 콘텐츠의 결과물인 방사선사진은 촬영정보 판독 단계에서 유효한 정보가 있을 때 출력되며, 방사선사진 하단에서 사용자가 실제 부여한 촬영 각도를 확인할 수 있도록 하였다(Fig 6 참고). 촬영정보 판독 단계에서 유효한 정보가 없는 경우에는 촬영 실책에 대한 가이드 화면을 출력하고, 사용자는 가이드 화면에서 제시한 실책 원인을 확인한 후 재촬영할 수 있다.

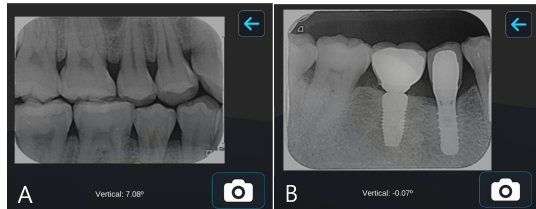


Fig. 6. Photograph showing both right maxillary premolar and mandibular premolar by the bitewing technique (A). Right mandibular molars and implants can be observed by the bisecting technique (B).

#### 4. 논의 및 결론

최근 대학 교육의 방향은 직무에 필요한 실제적인 지식과 역량을 갖춘 실무형 인재를 양성하기 위해 노력하고 있으며[18], 교육적 방향이 융복합형태의 교육으로 변화하고 있다. 최근, 이러한 교육에 적극적으로 활용되고 있는 AR 기술은 가상으로 주어지는 시각정보와 현실이 융합되어 학습자의 경험을 극대화하고, 효율적인 정보를 제공한다. 이를 통하여 학습자는 능동적인 교육에 대한 참여가 가능하다. 특히, AR 기술을 활용한 교육적 도구는 다양한 학습 수준을 가진 학생들이 교육적 목표에 대해 유연하게 대처하고 활용할 수 있으며 학습자의 다양한 요구와 기대를 충족시키고, 기존 텍스트교재가 가진 전달성의 한계를 극복할 수 있다. 이러한 측면에서, 현 방사선촬영 실습의 한계를 보완하기 위한 연구가 필요하였고, AR 기술의 교육적 적용은 방사선 노출 위험 없이 반복적인 촬영 연습을 가능하게 할 수 있어 그 효용 가치가 매우 크다고 판단하였다.

이 연구에서는 실제 치과용 방사선 촬영기에 스마트폰을 직접 부착한 후, 실습용 마네킹에서 증강현실을 구현할 수 있도록 방사선 촬영 시뮬레이션이 가능한 AR 디지털 콘텐츠를 개발하였다. 개발한 AR 모바일 콘텐츠는 방사선 촬영용 마네킹에 부착된 QR 코드를 인식하면, 가상객체가 화면상에 출력되어 증강된 현실이 결합된 방사선 촬영환경을 구현하도록 하였다. 구내방사선 촬영의 특징인 촬영대상 치아의 표준 촬영정보와 학습자가 촬영을 위해 조작하고 있는 정보를 실시간 확인하여 즉각적인 피드백이 가능하도록 하였다. 106장의 치과 방사선사진 중 28장은 등각촬영법에 의한 방사선사진이며, 78장은 교익촬영법에 의한 방사선사진으로 구성하였다. 치과 방사선사진은 치아우식, 치근단 염증, 근관치료된 치아, 치아 수복물, 치아 임플란트, 치아교정, 과잉치 등 다양한 임상 사례를 경험할 수 있게 하였다. 또한, 환자마다 다른 구강 환경별 특성을 반영하지는 못하여 실제 방사선 촬영 시 이에 대한 한계점이 존재하지만, 방사선 노출 관련 환경적 제약과 복잡한 현상절차에서 벗어난 실습환경을 조성할 수 있었다. 이러한 측면에서 구내방사선 촬영 교육 도구로서의 가능성을 보여주었다.

그러나 가상객체가 실제 사람의 촬영대상을 반영하지 못한다는 한계점이 있다. 향후 방사선 촬영용 실습 마네킹과 실제 사람에게 마커 없이 얼굴에 직접 적용하여 상

호작용이 가능할 수 있는 후속 연구가 이루어진다면 더욱 효용 가치가 높을 것으로 생각한다. 또한, 각 개인의 구강 환경을 반영할 수 있는 촬영조건, 방법 등에 대한 고려와 개발한 콘텐츠를 사용하여 임상수행능력 결과를 비교할 수 있는 후속 연구가 필요하다고 생각한다. 이 연구결과가 치위생 분야에서 방사선 촬영 실습을 위해 실습하는 학생들의 임상 실무수행능력을 향상을 위한 효과적인 교육 도구로 활용되기를 기대한다.

#### REFERENCES

- [1] J. Y. Gu, S. Y. Lee & S. R. Lee. (2017). Effects of organizational culture of dental office and professional identity of dental hygienists on organizational commitment. *Journal of Dental Hygiene Science*, 17(6), 516-5221. DOI : 10.17135/jdhs.2017.17.6.516
- [2] S. H. Jeong, S. H. Nam, J. H. Park, E. J. Shin, N. W. Oh, H. R. Yu & S. H. Kim. (2018). A study on career competency, task and job satisfaction of dental hygienists - Focusing on public officials, public institution workers, and researchers. *Journal of Korean Society of Dental Hygiene*, 18(4), 477-488. DOI : 10.13065/jksdh.20180043
- [3] H. K. Lee. (2018). Factors affecting radiation safety management of dental hygienist and anxiety of radiation exposure. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 19(6), 432-439. DOI : 10.5762/KAIS.2018.19.6.432
- [4] V. Tsapaki. (2017). Radiation protection in dental radiology - Recent advances and future directions. *Physica medica : PM : an international journal devoted to the applications of physics to medicine and biology : official journal of the Italian Association of Biomedical Physics (AIFB)*, 44, 222-226. DOI : 10.1016/j.ejmp.2017.07.018
- [5] *2016 Nuclear Safety yearbook*. (2017). Daejeon : Korea Institute of Nuclear Safety.
- [6] J. K. Ko, M. H. Park & Y. M. Kim. (2016). Analysis of the spatial dose rates during dental panoramic radiography. *Journal of Radiological Science and Technology*, 39(4), 509-516. DOI : 10.17946/JRST.2016.39.4.04
- [7] Y. S. Choi, J. K. Kim, J. H. Jang & Y. D. Park. (2009). A literature review on expansion of dental hygienists radiography operations. *Journal of Korean Society of*

- Dental Hygiene*, 9(2), 111-124.  
 UCI : G704-SER000010586.2009.9. 2.014
- [8] J. S. Kim & K. Y. Kim. (2018). Exploratory research on future tasks of NCS based vocational education & training. *Journal of Skills and Qualifications*, 7(1), 237-265.
- [9] C. H. Kim, K. S. Song, S. H. Baek & J. Y. Kim. (2018). Development of augmented reality (AR) smartphone application for Hwaseong fortress tourism. *Architectural Institute of Korea*, 34(8), 87-94.  
 DOI : 10.5659/JAIK\_PD.2018.34.8.87
- [10] D. H. Kim & M. H. Kim. (2015). Design of mixed reality based convergence edutainment system using cloud service. *Journal of the Korea Convergence Society*, 6(3), 103-109. DOI : 10.15207/JKCS.2015.6.3.103
- [11] H. W. Park. (2014). Study on composite images through Augmented Reality over old images tagged location data. *Journal of Digital Convergence*, 12(5), 221-229. DOI : 10.14400/JDC.2014.12.5.221
- [12] A. Plessas. (2017). Computerized Virtual Reality Simulation in Preclinical Dentistry: Can a Computerized Simulator Replace the Conventional Phantom Heads and Human Instruction? *Simulation in Healthcare : Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, 12(5), 332-338. DOI : 10.1097/SIH.0000000000000250
- [13] K. S. Lee, W. B. Lim & Y. L. Moon. (2018). ARmonitoring technology for medical convergence. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(2), 119-124. DOI : 10.15207/JKCS.2018.9.2.119
- [14] S. Y. Moon, B. D. Choi & Y. L. Moon. (2016). Virtual reality for dental implant surgical education. *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, 53(12), 169-174. DOI : 10.5573/ieie.2016.53.12.169
- [15] Vavra et al. (2017). Recent development of augmented reality in Surgery: A Review. *Journal of Healthcare Engineering*, 2017(4574172), 1-9.  
 DOI : 10.1155/2017/4574172
- [16] Y. S. Jeong, Y. T. Kim & G. C. Park. (2017). A design of service improvement model for emergency medical system using augmented reality. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(1), 17-24.  
 DOI : 10.22156/CS4SMB. 2017.7.1.017
- [17] D. S. Lee, M. R. H. Kim, J. H. Kim & J. J. Kim. (2018). The Effects of a Virtual Reality Program on Reducing Dental Anxiety. *The Korean Psychological Association*, 22(2), 257-269. DOI : 10.17315/kjhp.2017.22.2.002
- [18] Y. H. Song. (2017). Comparing levels of college student's communication ability, interpersonal relationship ability, and

convergence competency according to their field experiences. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(3), 147-152.

DOI : 10.22156/CS4SMB.2017.7.3.147

구 자 영(Gu, Ja Young)

[정회원]



- 2014년 8월 : 남서울대학교 대학원 (치위생학석사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 대학원 (치위생학 박사과정)
- 2001년 7월 ~ 현재 : 삼육치과병원 간호계장
- 2014년 9월 ~ 현재 : 삼육보건대학교 겸임교수
- 관심분야 : 치과방사선학, 치과보철학, 증강현실
- E-Mail : guja0a@hanmail.net

이 재 기(Lee, Jae Gi)

[정회원]



- 2012년 2월 : 연세대학교 대학원 (치의학박사, 석·박사 통합과정)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 치위생학과 조교수
- 2014년 3월 ~ 현재 : 대한구강해부학회 이사, 한국정보통신학회 윤리이사, 연세대학교 의과대학 수술해부교육센터 교육 강사
- 관심분야 : 응용해부학, 융합치의학, 증강/가상현실
- E-Mail : leejaegi@nsu.ac.kr