

# 증강현실 기술과 삼차원 튜토리얼 방식을 활용한 단계별 치아 형태 조각 실습 콘텐츠 개발과 관련된 융합 연구

임은정<sup>1</sup>, 이재기<sup>2\*</sup>

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

## Study on the Development of Stepwise Tooth Carving Practice Content Using Augmented Reality Technology and a Three-Dimensional Tutorial Method

Eun-Jeong Im<sup>1</sup>, Jae-Gi Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Doctoral program, Department of Dental Hygiene, School of Health and Medicine, Namseoul University

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

**요약** 본 연구의 목적은 증강현실 기술을 기반으로 상악 우측 중절치의 치아 형태 조각의 반복 실습이 가능한 콘텐츠를 개발하는 것이다. 치아 형태의 단계별 실습을 위해, 1단계부터 16단계까지의 단계별 실습스토리 보드에 의한 근심, 원심, 협면, 설면의 특징을 반영한 단계별 치아 조각 형태를 삼차원 모델링 하였다. 이 자료가 학습자의 모바일 기기 화면 상에 출력될 수 있도록 단계별 이미지 마커를 인식하여, 증강현실 어플리케이션으로 사용할 수 있도록 제작하였다. 이를 통해 학습자는 치아 형태 조각 연습을 반복적으로 수행해 완성도 높은 상악 우측 중절치를 조각할 수 있었다. 이 콘텐츠를 이용하여 치아 형태학 강의실 수업과 치의학 입문자의 실습이 함께 연계되어 치아 형태 조각 능력 향상에 기여하고자 한다.

**주제어** : 3D 모델링, 융합연구, 증강현실, 치아 조각, 치아형태학 실습

**Abstract** This purpose of this study is to develop content that enables repetitive carving practice of the maxillary right central incisor (MRCI) based on augmented reality (AR). For a step-by-step practice of achieving the tooth shape, after creation of the storyboard from the square box shape in step 1 to the completed MRCI block in step 16, three-dimensional (3D) modeling data reflecting the characteristics of the mesial, distal, lingual, and labial surface of the MRCI were generated. An application was built in which 3D modeling data were output on the screen of the learner's mobile device, and image markers suitable for 3D modeling in steps 1 to 16 of the MRCI model were respectively generated. Using this information, the learner could carve a high-quality MRCI by repeatedly performing the tooth shape carving exercises. With AR, we intend to contribute to improved tooth morphology carving skills by linking the theory and practical techniques for a beginners in dentistry.

**Key Words** : Augmented reality, Convergence study, Dental morphology practice, Three-dimensional modeling, Tooth carving

\*This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(NRF-2020R111A3061952).

(이 논문은 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2020R111A3061952).)

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

Received September 1, 2020

Revised September 29, 2020

Accepted October 20, 2020

Published October 28, 2020

## 1. 서론

치아 형태학 조각 능력은 치과 임상가가 갖추어야 할 필수적인 기본실무 능력이다. 치과 임상가는 다른 재료를 이용해 잃어버린 치아 구조를 복원하기 위해 지식, 손재주 및 예술적 감각을 개발해야 한다[1]. 이러한 능력은 심미, 치과수술 및 치아 복원의 기본 요소이며, 주요 목표는 치아 수복물을 자연치아로 모방하고 기능을 회복하며 과부하를 방지하는 것이다[2]. 치과 임상가의 임무 중 하나인 임시치관의 제작 과정은 치아 형태학을 아는 것이 필요하다. 임시치관은 치아의 이동방지, 지대치 보호, 심미적 기능을 회복하는 중요한 과정으로[3,4] 치아 형태학을 기반으로 제작하여야 한다. 치아 형태학은 상실된 치아의 외형을 복원시켜주기 위해 필요하며 치아의 형태학적 지식을 통해 치아 처치 대한 사고, 진단 및 평가를 하게 된다. 치아형태학 조각은 치의학 입문 과정에서 치아 형태학을 학습할 때 치아 모형을 왁스나 석고를 이용하여 조각하게 되는 과정이다. 치아 형태학 조각 과정은 왁스나 석고의 첫 번째 단계인 네모 박스 모양에서부터 각 면의 지시선에 맞춰 치아를 단계별 가이드에 맞춰 조각하여 치아 형태학적 특징을 살려 완성하는 것이다.

치의학 입문자들은 각 치아의 형태, 크기, 및 기능을 분석하고 완전한 외형을 복원할 수 있는 능력을 개발해야 한다[5]. 기존의 치아 형태학 조각을 학습하는 방법은 교수자가 사진 또는 그림을 학습자에게 제공하고, 이를 단순 재현하는 형태로 학습이 진행되고 있다[6]. 이러한 교육 도구는 2차원적인 자료로 이루어져 공간 지각력이 낮은 치의학 입문자는 3차원적인 곡면으로 이루어진 치아 형태를 시각화하는데 어려움을 겪을 가능성이 커진다[7]. 치아 형태학 조각의 단계별 실습 자료 제공과 교수자의 시연을 보여주는 형태로는 치의학 입문자가 치아 형태 조각의 절차를 따라오지 못해 조각 과정 중 어려움을 겪고 수업에 대해 부정적인 태도까지 불러올 수 있다[6].

치아 형태학 조각 숙달은 암기형식으로는 이루어질 수 없으며, 학교라는 공간과 수업 시간에 한정하여 교수자의 지도하에만 치아 형태학 조각을 익힐 수 있어 시간상 공간상 제약이 많아 선행학습도 복습도 어려운 상황이다. 이를 보완하기 위해 시각화 효과를 2차원에서 3차원(Three-dimension, 3D)으로 관찰할 수 있고 치아 형태학 조각의 여러 단계를 차례대로 제시해 원하는 단계별로 왁스 치아 모형 조각과 병행할 수 있는 자가학습 도구가 필요하다. 여러 학교에서는 이를 보완하기 위한 치아 형태학 관련된 학습 콘텐츠로 치아 형태를 익히기 위해

3D 치아 모델을 DVD, 온라인 웹페이지를 이용해 모델을 학습할 수 있는 보조도구가 쓰이고 있다[8-10]. 그러나 이러한 보조 도구는 치아형태학의 완성 모델을 자료로 주어지거나 단순한 가이드로 인해 치아 형태학 실습에 필요한 단계별 조각 능력을 향상 시키는 데 한계가 있다.

최근 컴퓨터 기술을 활용하여 시간적 공간적 제약이 없이 자가 학습을 할 수 있는 시뮬레이션 장비를 개발하려는 연구가 진행되고 있다[11]. 특히, 시뮬레이션 장비 중에서도 모바일 기계를 통해 접근성을 높인 증강현실(Augmented Reality, AR)을 활용하는 것은 교육 분야에서 활용 가치가 높다. 지식 및 교육 분야에서도 단순한 동영상이나 플래시 기반의 일방형적인 교육 콘텐츠에서 벗어나 학습자가 스스로 몰입하여 배울 수 있는 학습 환경으로 실재감과 몰입감을 높여 학습효과를 향상할 수 있는 증강현실 시스템 개발이 의학 분야의 교육적 도구로 시도되고 있다[12]. 증강현실은 기본적 현실세계에 가상의 디지털 콘텐츠를 병합하여[13] 학습자의 감각과 인식을 확장시키는 실감 미디어로 맥락적 학습이 가능하게 하고, 학습자에게 높은 상호 작용성을 제공하여 흥미 유발을 위해 게임형식진행으로 구성되어[14] 증강현실에 관한 관심이 높아지고 있다[15]. 이러한 AR 기술을 이용하여 항공기 훈련, 교육, 의료수술, 전시, 광고, 방송 분야 등 다양한 분야에서 적용이 시도되고 있다[16]. 의학 및 치의학 분야에서는 수술 교육 훈련, 이미지 가이드 수술, 재활의학, 영상 진단학[17-19], 교육적 도구[20] 등 연구되고 있지만, 모바일 기기를 통해 AR을 활용한 치아 형태학 조각 교육 도구 개발은 현재까지 보고되지 않았다.

따라서 이 연구에서는 치아 구조의 이해 및 조각에 어려움을 개선하기 위해 기존 교육 자료를 삼차원 구조로 제작하여 치아의 입체감을 통해 공간지각력 향상에 도움을 준다. 또한 치아 방향 전환 화면 터치 방법은 치아의 각 면의 특징을 쉽게 구분하기 어려운 입문자에게 방향 혼동을 줄이기 위해 증강현실 활용해 직접 원하는 방향으로 마커를 돌려 치아 구조를 학습하게 한다. 또한 수업을 통해서 제공되던 치아 단계 조각 모형을 모든 학습자가 언제 어디서든 사용할 수 있게 배포하였다. 배포 방법은 개인 모바일기기에 어플리케이션을 다운로드 받을 수 있게 제공하고 마커 또한 인쇄 하여 사용할 수 있게 하였다. 이를 통해 학습자는 단계별 마커를 이용한 치아 형태학 조각 실습 단계의 정확한 구분이 가능해 학습자의 공간지각력 확장, 자가 학습을 통한 실습 절차 이해 증대로 인해 교수자는 수업 시 효율적인 실습 진행을 이끌 수 있다. 학습자의 치아 형태학 조각 학습능력 향상으로 기

초 역량을 구축하여 나아가 임상 활용 역량을 축적하게 할 수 있는 새로운 실습 교육 도구를 제시하고자 한다.

이 연구의 목적은 치아 형태학 조각 입문에서 기존 이론 학습 과정을 실습으로 연계하여 기본 형태와 방법을 익히는 첫 모델로 상악 우측 중절치를 선정하였고 3D모델링 기술을 이용한 모바일 튜토리얼 방식으로 단계별로 진행하여 강의실 수업 시 실습 지원 도구의 역할과 학습자의 자가주도형 실습 반복 도구로 학습자의 참여도를 올려 실습 효과를 증가시키는 것이다.

## 2. 연구방법

### 2.1 상악 우측 중절치 모델링

증강현실의 객체로 활용할 상악 우측 중절치 조각 단계별 3D 모델링 개발을 위해 스토리보드를 작성하였다. 상악 우측 중절치의 전체 가공에 대한 사전 모델 구현을 위해 BIM (Building Information Modeling)의 핵심기술 요소인 파라메트릭 모델링 방법을 SOLIDWORKS (2019, SolidWorks Corporation, USA)을 이용하여 만들었다. 상악 우측 중절치 조각을 위해 초기 블록부터 완성된 단계까지 16단계로 나누어졌다.

초기 단계의 치아 면에 등분선을 이용하여 비율과 조각의 가이드를 제시하였다. 1단계부터 4단계는 치아 조각에 등분선을 표시한 후 근심면과 원심면을 다듬고 5단계부터 8단계는 순면과 설면에 등분선을 표시한 후 사용자가 관찰할 수 있도록 모델링 하였다. 9단계부터 14단계는 앞서 조각한 근, 원, 순, 설면의 특징을 부여하며 능

각을 형성하였다. 15, 16단계는 각 면의 함몰부위를 형성하면서 치아의 형태를 완성하였다. Fig. 1

증강현실 Object 생성 모듈은 단계별로 구성된 상악 우측 중절치의 3D모델링 자료를 생성하기 위해 3D Studio Max (2019, Autodesk, USA)와 Zbrush 3D package (2019, Pixologic, USA)를 이용하였다.

### 2.2 증강현실 시스템 개발

상악 우측 중절치 3D 모델링 자료가 학습자의 모바일 기기 화면으로 출력될 수 있도록 모바일 어플리케이션의 사용자 인터페이스 프로그래밍에는 Unity Engine (2019.3.12., Unity Technologies, USA)을 활용하였다.

상악 우측 중절치 모델을 1단계부터 16단계로 총 16개 모델링의 각 이미지 마커를 생성하였다. 마커의 제작 순서는 증강현실 마커제작 소프트웨어인 <http://developer.vuforia.com> 가입 후 Vuforia SDK Download for Unity를 설치하였다. Unity 전용 SDK를 Unity 프로젝트 파일에 Import 시켜 Vuforia를 통해 License Manager에서 라이선스를 다운 받은 후에 License key를 생성하였다. Target Manager에서는 포토샵을 이용하여 각 모델링 단계에 맞게 제작된 이미지 타겟을 저장한 후에, 이미지 타겟은 single image 타입으로 제작하여 별 5개로 높은 인식률을 확인한 후에 Unity Edit version (open source: <https://unity-landing.vuforia.com/#imagetarget>, Qualcomm, USA)으로 이미지 마커를 생성하고 저장 하였다. Unity에서 License key를 복사하여 중절치 모델에 단계별로 만든 이미지 마커를 import 시켜 3D모델과 연동시키고, 이미지 마커에 구현되는 3D모델의 위치와 크기를 결정 하였다. 치아 모델의 1단계부터 16단계까지의 이미지 마커와 치아모델의 연동을 확인 후 Unity를 통해 안드로이드 어플리케이션을 생성하였다. 학습자의 증강현실 기반 치아형태 조각 실습 콘텐츠의 전체 구성도는 Fig. 2와 같다.

학습자는 등록된 이미지 마커를 펼치고 학습자의 안드로이드 기반 모바일 기기에서 개발한 콘텐츠를 작동시킨 후 휴대기기 카메라를 치아 형태가 있는 마커에 초점을 맞춘다. 모바일 기기의 카메라가 이미지 마커를 인식하면 마커와 모바일 기기의 상대적인 위치를 계산하고 마커의 형상에 따라 상악 우측 중절치 3D 모델을 생성시킨 후, 마커의 해당 위치에 가상의 치아 모델을 투영한다. 학습자는 모바일 기기의 화면을 통해 상악 우측 중절치 3D 모델이 표현된다. 이미지 마커를 회전시키거나 모바일 기

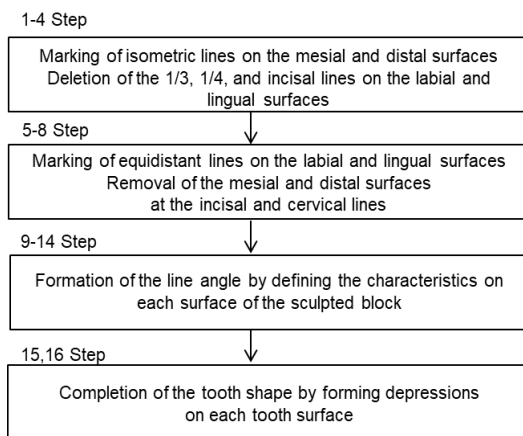


Fig. 1. The 16-step engraving process for the maxillary right central incisor.

기의 카메라 위치를 변경시키면 3D 모델을 사용자가 원하는 방향으로 확인할 수 있다. Fig. 2

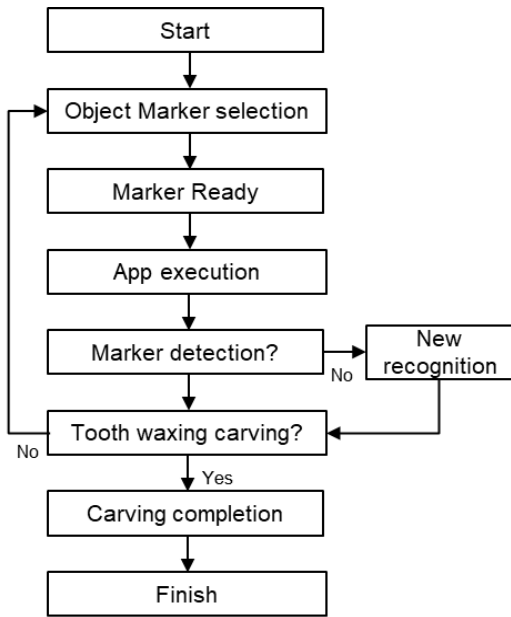


Fig. 2. Wolkflow of the “augmented reality–based content for tooth sculpting practice” using a mobile application interface.

### 3. 연구결과

3D 상악 중절치 모델링은 조각 단계에 따라 결과물을 3차원으로 관찰할 수 있게 제작하였다. 학습자는 이미지 마커, 치아 조각 블록과 앱을 구동할 수 있는 모바일 기기를 준비 후 학습자가 조각하기 원하는 단계의 이미지 마커를 선택하여 앱을 구동하면 이미지 마커 위에 구현된 3D 모델을 관찰하면서 치아 조각을 할 수 있다. 치아 조각이 완성되면 다음 단계로 이어서 진행하거나 마커가 인식이 실패할 때는 다시 인식할 수 있게 새로 고침 버튼을 누를 수 있도록 구성하였다.

치아의 3D 모델링은 학습자의 관찰 편의를 위해 학습자가 원하는 방향으로 회전하였을 때에도 단계별 절차가 반영된 서로 다른 면을 볼 수 있게 제공하였다. 치아 방향의 특수성으로 인한 방향 혼란을 줄이기 위해 상악 우측 중절치의 4개면(순면, 설면, 근심면, 원심면)에 색깔 구분을 하였다. 치아 조각시 삭제해서는 안되는 풍용 부위와 인접치와의 접촉점은 빨간색 점으로 하여 조각 시 주의할 수 있도록 최종 단계인 16단계를 제외한 15단계

까지 빨간색 점이 나타나도록 하였다. Fig. 3

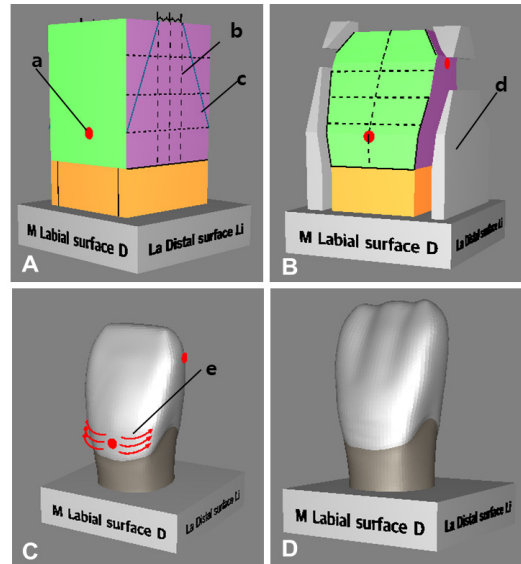


Fig. 3. 3D object modeling of the maxillary right central incisor. 1st step the shape of a square block (A), 5th step the deletion block is expressed according to the equidistant lines marked on the labial and lingual surfaces (B), and the 10th step the cervical area of the labial surface obtained from the 7th step is trimmed to round (C), and the completed maxillary central incisor form the 16th step (D). a: The red dot represents the most convex part, b: The dotted lines represents the equidistant line of the tooth, c: The solid lines represents the line where the teeth are carved, d: caved blocks, e: The red arrows represents the direction of the indicative carving lines

Vuforia target 등록 전 각 모델의 이미지 마커는 포토샵을 사용해 제작했고, 이에 대한 그림은 ‘Fig. 4’이다. 16단계 중 학습자가 원하는 단계를 쉽게 찾기 위해 마커에 번호를 삽입하였고, 마커의 배경 패턴을 모두 다르게 적용해 이미지 마커의 인식률을 높게 하였다. 이미지 마커의 총 개수는 16개이며 적힌 숫자 구성은 ‘1~8’, ‘8-1’, ‘8-2’, ‘8-3’, ‘9~13’이다. 상악 중절치 치아 조각단계별로 왁스 조각을 삭제하거나 해당 부위의 형태학적 특징을 살려 표현이 필요한 기점을 중심으로 단계를 구성하였다.

‘Fig. 4A’는 ‘Fig. 3A’의 상악 우측 중절치의 첫 번째 단계 모델을 호출하기 위한 이미지 마커이며, ‘Fig. 4B’는 ‘Fig. 3B’의 5번째 모델로 근심면과 원심면을 실선에 맞

취 조각하는 과정을 인식하였고, 'Fig. 4C'는 순면의 최대 풍용부를 기준으로 근심면과 원심면 방향으로 화살표가 지시하는 방향으로 조각하는 과정인 'Fig. 3C' 모델을 불러오며, 'Fig. 4D'는 'Fig. 3D'의 마지막 단계 모델을 호출하는 이미지 마커이다.

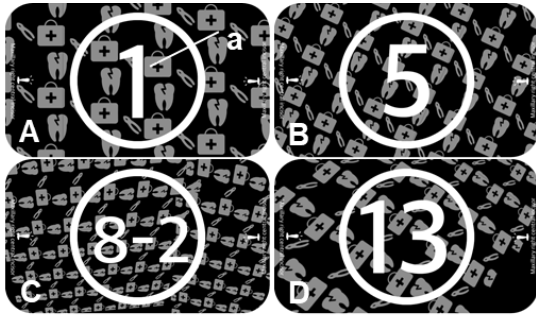


Fig. 4. Image markers of the tooth carving. Image marker(IM) of the first step (A), IM of the 5th step (B), IM of the 10th step (C), IM of the 16th step (D). a: The number in the IM indicates the carving step for the maxillary right central incisor

상악 우측 중절치 조각을 위한 모바일 콘텐츠는 거치의 안정성과 방향 회전의 용이함을 위해 가로 화면을 고정하여 사용하도록 설계하였다. 'Fig. 5'는 거치대에 가로로 고정된 모바일 기기(Galaxy S10, Samsung, KOREA)의 카메라를 통해 13단계의 이미지 마커를 인식한 증강현실 모습이다. 모바일 기기의 화면에 나타난 3D 모델은 상악 우측 중절치의 마지막 단계인 13번째 단계이다. 모바일 콘텐츠를 작동시키면 별도의 버튼 조작 없이 카메라가 구동되어 모바일 기기 화면에 보이게 된다. 학습하고자 하는 단계의 이미지 마커를 카메라에 인식시키면 자동으로 해당 단계의 상악 우측 중절치 모델이 나타난다. 학습자는 원하는 방향으로 카메라 또는 이미지 마커를 회전시켜 콘텐츠 화면을 통해 실시간으로 확인하며 왁스조각을 이용하여 조각과정을 진행할 수 있다. 학습자는 이를 통해 직접 조각한 상악 우측 중절치 모델과 모바일 콘텐츠 상의 모델을 비교하여 오류 부분을 단계적으로 확인할 수 있다. Fig. 5

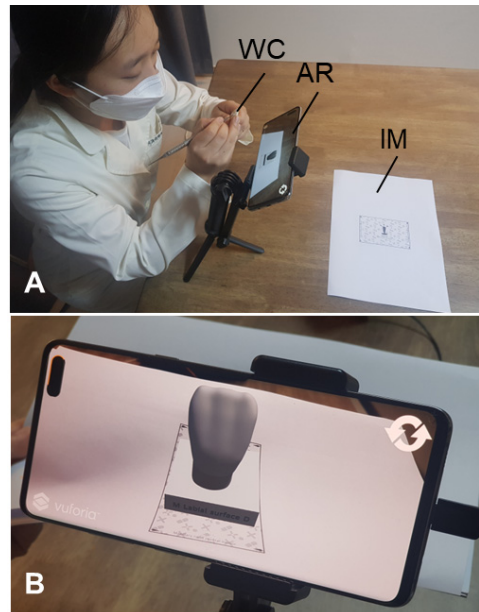


Fig. 5. Carving of the maxillary right central incisor using the mobile content (A), Motion screen of the mobile content based on an augmented reality (B). WC: wax carving, AR: practice contents for dental carving stage based on augmented reality, IM: image marker

'Fig. 6A'는 상악 우측 중절치 조각 실습을 기존에 제공되던 교재를 활용하여 왁스 조각을 수행한 모습이고, 'Fig. 6B'는 교재에 추가로 모바일 콘텐츠를 추가로 활용하여 왁스 조각한 모습이다. 'Fig. 6'는 모두 우각상징이 나타나 근심은 예각이며 원심은 둔각인 모습을 보인다. 'Fig. 6B' 순면의 형태인 부정장방형으로 표현하였으나 'Fig. 6A' 순면의 형태는 평행사변형으로 표현하였다. 또한, 근심면의 최대풍용부위는 'Fig. 6B' 절단 1/3부위에 위치한 모습이나 'Fig. 6A' 근심면의 최대풍용부위는 중앙 1/3에 위치한 모습이었다. 절단면은 'Fig. 6B' 근심에서 원심으로 가면서 치경을 향해 약간 경사져 보이나 'Fig. 6A' 절단면이 울퉁불퉁하게 표현되어 기울기는 나타나지 않았다.

증강현실 콘텐츠를 모바일 기기로 구현시키는 과정을 통해 학습자는 반복적으로 단계별로 치아 형태 조각 연습을 할 수 있다.

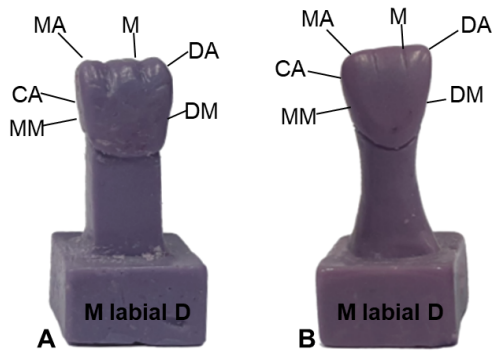


Fig. 6. A carving model of the maxillary right central incisor using a textbook (A), A carving model of the maxillary right central incisor using augmented reality (AR) contents (B). MM: mesial margin, DM: distal margin, CA: contact area, MA: mesioincisal angle, DA: distoincisal angle, M: mamelon

#### 4. 고찰 및 결론

치의학 입문자의 업무를 원활하게 수행할 수 있는 현장 실무형 인재 양성을 위한 노력으로 강조되고 있으며, 교육과 실무를 융합하는 융복합 교육으로 옮겨 가고 있다[20]. 최근 융복합 교육이 활용되고 있는 한 분야로 AR은 실제 세계에 가상의 사물을 삽입하는 기술로, 실제 관찰하고 있는 장소나 사물에 대한 의미나 부가적인 정보를 제공한다[13]. 치과의로 분야에서도 AR 기술에 대한 임상적 요구로 인해 연구가 진행되고 있으나 의학, 광고, 교육 분야만큼 다양하지는 않다[21]. 그러나 치과위생사에게 치아 형태를 학습하는 것은 임상 실무능력을 키우는 기본과정으로 치아 형태학 교육 도구 개발은 중요한 요소이다. 교육을 위해 개발된 AR기반의 콘텐츠는 효과가 입증되고 있다[22].

이 연구에서는 증강현실기술을 기반으로 3D 튜토리얼 방식의 단계별 치아 형태 조각 실습 콘텐츠를 개발하였다. 치아 형태에 대한 이론과 치아 조각의 수행과정을 연계시켜 치아 형태학 조각 과정 중 학습자가 시간과 장소에 구애받지 않고 콘텐츠를 활용하여 치아 형태 조각 연습을 할 수 있다. 학습자는 상악 우측 중절치의 조각을 원하는 단계의 'Fig. 4'의 이미지 마커를 선택 후, 모바일 기기를 통해 개발 콘텐츠 작동 후 해당 이미지 마커를 카메라에 비추어 'Fig. 3'의 치아 형태 조각 단계별 3D 모델링이 기기 화면에 나타나, 튜토리얼에 맞춰 효과적으로

상악 우측 중절치 조각 실습을 진행할 수 있다. 이 콘텐츠를 활용하여 왁스 조각한 'Fig. 6B'는 중절치의 특징인 근심연은 길고 직선적인 모습, 원심연은 근심연에 비해 짧고 곡선적인 모습, 최대 풍융부위도 근심측 보다는 치경측에 가깝게 표현되어 조각이 잘 이루어 졌다. 그러나 기존의 텍스트 중심의 교과서를 통해 왁스 조각한 'Fig. 6A'의 경우, 근심연과 원심연의 특징을 잘 나타내지 못한 모습을 보이며, 근심연의 최대풍융부위가 잘 나타나지 않았다. 또한 중절치의 특징인 우각의 형태는 'Fig. 6B'에서 근심절단우각은 예각이고 원심절단우각은 둔각을 명확하게 나타낸 반면 'Fig. 6A'의 절단연은 근심에서 원심으로 가면서 치경을 향해 약간 경사지게 잘 표현하지 못하며 구치부의 교두처럼 높게 솟은 모습처럼 표현하였다.

학습자 측면에서 AR 기반 단계별 치아 조각 콘텐츠를 사용할 경우, 중간 과정 단계에서의 형태를 확인하고 수정 부분에 대한 내용을 직관적으로 인지할 수 있다. 특히, 튜토리얼 과정에 따라서 단계별로 조각 실수가 발생한 곳을 즉시 수정하고 보완할 수 있기 때문에, 개인차에 따른 조각 기술 능력 차이를 줄여 효과적인 교육 목표에 접근이 용이하다. 추가적으로 AR 학습자가 치아 형태 조각을 할 때, 학습자가 조각하고 있는 왁스 블록을 카메라가 인식하여, 실시간 피드백 자료를 제공할 수 있는 연구도 필요하다. 또한, 학습자에게 이 콘텐츠를 이용하여 치아 형태 조각 능력과 만족도에 대한 대규모 비교 검증 역시 요구된다. AR 기반 치아조각 실습 콘텐츠가 학습자의 학습역량 강화 도구로 활용성이 증대되어, 치아에 대한 융복합적인 창조 활동으로 연계될 수 있을 것으로 기대한다.

#### REFERENCES

- [1] R. A. Azevedo, M. B. Correa, M. A. Torriani & R. G. Lund. (2017). Optimizing quality of dental carving by preclinical dental students through anatomy theory reinforcement. *Anatomical Sciences Education*, 11(4), 377-384. DOI : 10.1002/ase.1752
- [2] R. A. Eid, K. Ewan, J. Foley, Y. Oweis & J. Jayasinghe. (2013). Self-directed study and carving tooth models for learning tooth morphology: perceptions of students at the university of aberdeen. *Journal of dental education*, 77(9), 1147-1153. DOI : 10.1002/j.0022-0337.2013.77.9.tb05586.x
- [3] M. M. Rayyan, M. Aboushelib, N. M. Sayed, A. Ibrahim & R. Jimbo. (2015). Comparison of interim restorations fabricated by cad/cam with those fabricated manually. *The Journal of prosthetic*

- dentistry, 114(3), 414-419.  
DOI : 10.1016/j.prosdent.2015.03.007
- [4] V. Rutkunas, V. Sabaliauskas & H. Mizutani. (2010). Effects of different food colorants and polishing techniques on color stability of provisional prosthetic materials. *Dental Materials Journal*, 29(2), 167-176.  
DOI : 10.4012/dmj.2009-075
- [5] S. V. Kellesarian. (2018). Flipping the Dental Anatomy Classroom. *Dentistry Journal*, 6(3), 23.  
DOI : 10.3390/dj6030023
- [6] R. Harold, S. Melissa & P. James. (2005). The effectiveness of computer-aided learning in teaching orthodontics: a review of the literature. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 127(5), 599-605.  
DOI : 10.1016/j.ajodo.2004.02.020
- [7] J. T. Park & J. H. Kim. (2018). Effects of mobile task information presentation using 3D multimedia on tooth carving knowledge, performance and class satisfaction for dentistry. *Journal of The Korea Contents Association*, 18(5), 376-385.  
DOI : 10.5392/JKCA.2018.18.05.376
- [8] C. Mario, M. Muñoz & O. Sergio. (2015). Generation of 3D Tooth Models based on Three-dimensional Scanning to Study the Morphology of Permanent Teeth. *International Journal of Morphology*, 33(2), 782-787.  
DOI : 10.4067/S0717-95022015000200057
- [9] M. Lone, J. P. McKenna, J. F. Cryan, E. J. Downer & A. Toulouse. (2018). A Survey of tooth morphology teaching methods employed in the united kingdom and ireland. *European Journal Of Dental Education*, 22(3), 438-443.  
DOI : 10.1111/eje.12322
- [10] A. M. Al-Thobity, I. Farooq & S. Q. Khan. (2017). Effect of software facilitated teaching on final grades of dental students in a dental morphology course. *Saudi medical journal*, 38(2), 192-195.  
DOI : 10.15537/smj.2017.2.15627
- [11] P. L. Ingrassia et al. (2020). Augmented reality learning environment for basic life support and defibrillation training: usability study. *Journal of Medical Internet Research*, 22(5), 14910.  
DOI : 10.2196/14910
- [12] N. Jain, P. Youngblood, M. Hasel & S. Srivastava. (2017). An augmented reality tool for learning spatial anatomy on mobile devices. *Clinical Anatomy*, 30(6), 736-741.  
DOI : 10.1002/ca.22943
- [13] R. T. Azuma. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and virtual environments*, 6(4), 355-385.  
DOI : 10.1162/pres.1997.6.4.355
- [14] H. J. Lee, S. A. Cha & H. N. Kwon. (2016). Study on the effect of augmented reality contents-based instruction for adult learners on academic achievement, interest and flow. *The Journal of the Korea Contents Association*, 16(1), 424-437.  
DOI : 10.5392/JKCA.2016.16.01.424
- [15] K. H. Noh, H. K. Jee & S. H. Lim. (2010). Effect of augmented reality contents based instruction on academic achievement, interest and flow of learning. *Journal of The Korea Contents Association*, 10(2), 1-13.  
DOI : 10.5392/JKCA.2010.10.2.001
- [16] J. S. Kang. (2017). Application method of cultural heritage contents exhibition combining augmented reality technology. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(5), 137-143.  
DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.5.137
- [17] J. H. Yoon, T. J. Ji, J. Yoon & H. G. Kim. (2017). A convergence study on the 5-axis machining technology using the DICOM image of the humerus bone. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(11), 115-121.  
DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.11.115
- [18] H. J. Kim & J. Yoon. (2017). Convergence comparison of metal artifact reduction rate for pacemaker insertion of ct imaging phantoms in the raw data with mar algorithm. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(1), 43-49.  
DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.1.043
- [19] K. B. Kim & E. H. Goo. (2016). Image evaluation for a kind of patient fixing pad in 64 multi-channel detector computed tomograph. *Journal of the Korea Convergence Society*, 7(1), 89-95.  
DOI : 10.15207/JKCS.2016.7.1.089
- [20] J. M. Rhie & M. J. Jang. (2013). A Study on the Systematization and the Present Curriculum Condition of Space Design: With a Focus on Four-Year Course Colleges in Korea and Japan. *Archives of design research*, 26(3), 197-217.  
DOI : 10.15187/adr.2013.08.26.3.197
- [21] J. Y. Gu & J. G. Lee. (2018). Convergence study related to the development of new clinical training simulator for dental radiography based on augmented reality. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(11), 161-167.  
DOI : 10.15207/JKCS.2018.9.11.161
- [22] T. E. Kim. (2017). A study on the production of children's storybooks using augmented reality technology. *Journal of Digital Contents Society*, 18(3), 435-442.  
DOI : 10.9728/dcs.2017.18.3.435



임 은 정(Eun-Jeung Im)

[정회원]



- 2017년 2월 : 남서울대학교(치위생학 석사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교(치위생학 박사과정)
- 관심분야 : 치아형태학, 임상치위생학
- E-Mail : iej5176@gmail.com

이 재 기(Jae-Gi Lee)

[정회원]



- 2012년 2월 : 연세대학교(치의학박사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 치위생학과 조교수
- 관심분야 : 응용해부학, 임상해부학
- E-Mail : leejaegi@nsu.ac.kr