

The effect of utilizing augmented reality in a mobile application for sequential tooth carving by users

Jae-Gi Lee, Jung-Hee Bae*

Department of Dental Hygiene, College of Health and Health Care, Namseoul University, Cheonan, Republic of Korea

Purpose: This study aimed to assess the effect of a sequential augmented-reality tooth carving mobile application on the learning experience of users in practical training using tooth carving, focusing on maxillary central incisor carving. **Materials and Methods:** The differences in the scores of tooth carving of maxillary central incisors between students taking a dental morphology course using the 2021 (existing two-dimensional practical training textbook) and 2022 (augmented-reality application) curriculums were analyzed. The scores were evaluated based on anatomical indicators, including mesiodistal and labiolingual length ratio, mesial and distal lengths, curvature of cervical line, inclination of axial plane, shape of mesial surface, shape of distal surface, shape of incisal edge, shape of cross-sections, and geometric shape scores of each surface. Mann-Whitney U test was used to evaluate the differences between the two groups in the SPSS statistical program. **Results:** There was a difference in the tooth carving scores between the group that used the existing two-dimensional textbook and the group that used the augmented-reality tooth carving mobile application ($P < 0.05$). Moreover, significant differences were present in all subcategories ($P < 0.05$). The score of the group using augmented reality applications was higher than that of the traditional learning group. **Conclusion:** This tooth carving augmented-reality mobile application can likely be utilized to guide learners through practical training involving maxillary central incisor tooth carving and help strengthen their competence. Further research is needed on the effect of augmented-reality mobile applications on learners, as well as on the evaluation of teeth other than the maxillary central incisors. (*J Dent Rehabil Appl Sci* 2023;39(2):69-78)

Key words: augmented reality; central incisor; dental education; mobile application; morphology

서론

치아형태학(Dental morphology)은 영구치와 유치의 형태 및 해부에 관해 연구하는 학문으로 치의학 커리큘럼에서 중추적인 역할을 하는 기초학문에 해당한다.¹ 치아형태학 수업은 이론 및 실습으로 이루어져 있고 강의, 왁스 블록을 이용한 조각 실습이나 왁스업(wax-up) 실습을 통해 학습이 이루어진다.² 치아형태학 강의에서는 시각적, 언어적 정보를 통해 인지적 학습이 이루어지고, 치

아 조각 실습에서는 왁스 블록을 이용해 직접 치아를 조각해 봄으로써 치아형태를 이해하고, 개인의 술기 역량을 향상시키는 정신 운동학적 영역의 학습이 이루어진다. 임상 치과의사들 94%는 치아형태학 수업 내 치아 조각 실습은 사전 임상 교육에서 중요한 과정으로 기술능력향상에 필수적인 과정으로 인식하고 있다.³ 치아는 3차원적 구조로 이루어져 있어 공간적 지각 능력이 낮은 학습자들은 치아 조각 실습과정에서 이를 시각화 하고 이해하는데 어려움이 발생한다.⁴ 육안해부학, 치아형태학 과

*Correspondence to: Jung-Hee Bae

Adjunct Professor, Department of Dental Hygiene, College of Health and Health Care, Namseoul University, 91, Daehak-ro, Seonghwan-eup, Seobuk-gu, Cheonan, Republic of Korea

Tel: +82-41-580-2000, Fax: +82-41-580-2927, E-mail: jung18342@naver.com

Received: May 15, 2023/Last Revision: June 1, 2023/Accepted: June 1, 2023

목과 같이 형태학적인 내용을 학습할 때 2차원적인 교육 매체는 제한이 있어 다양한 디지털 정보를 활용하는 것이 하나의 대안이 될 수 있다.⁵ 3차원(Three-dimensional, 3D), 증강현실(Augmented Reality, AR), 가상현실(Virtual Reality, VR)과 같은 기술 즉, 디지털 요소를 통합하게 되면 삼차원적 구조물에 대한 공간적 이해를 높일 수 있다. 이처럼 교육 연구자들은 시대적 흐름에 따라 전통적인 교육방식을 보완하고 새로운 기술을 도입하는 것이 수업의 효과를 높일 수 있다고 보고있다.^{6,7}

디지털 교육은 온라인 교육(실시간, 녹화영상)이나 컴퓨터 시뮬레이션, 3차원 화면, 확장현실(Extended Reality; VR, AR and Mixed Reality)을 포괄하는 개념이다.⁸⁻¹¹ 스마트 기기나 모바일 어플리케이션을 활용한 디지털 교육 방식은 학습자들의 고차원적인 사고력 향상에 효과가 있다.¹² 코로나19 대유행의 요구에 따라 다양한 수업형태와 혁신적인 수업매체들의 개발이 가속화되었고, 치의학 분야에서도 3차원 기술이나 증강현실을 활용한 어플리케이션, 대화형 퀴즈나 미디어 모듈을 도입하였다.^{6,13,14} 이러한 새로운 기술의 도입은 학습자들의 만족도 측면에서 긍정적으로 나타났고, 기초지식 전달 부분에서 이해도가 향상되었다고 보고되었다.¹⁵ 다만 학습자들의 인식은 전통적인 방법을 대체할 수 없고 추가 학습 기회를 얻을 수 있는 도구 중 하나로 보고 있다.⁶ 이처럼 디지털 교육에 대한 긍정적인 측면은 여러 연구에서 규명되었다.

국내에서도 학생들의 역량을 개발하고 증진시키기 위해 치아형태학 수업을 지원하는 매체가 개발되고 있지만 그 사례가 많지 않고, 기초 지식 전달을 제외한 치아 조각 실습과 관련한 지원도구는 부족한 실정이다. 치아 조각 실습과 관련한 이전 연구로 Im과 Lee¹⁶는 치아형태학 실습 지원 매체로 증강현실 기술과 삼차원 튜토리얼 방식을 활용하여 단계별로 치아 조각 형태를 삼차원 모델링한 모바일 어플리케이션을 개발하였다. 3차원 모바일 어플리케이션은 사용자가 직접 확대 축소하며 수정하고 상호작용할 수 있도록 되어있어 치아의 다양한 표면(surface)에 대한 공간적인 이해를 도울 수 있다. 이처럼 3차원 어플 사용 학습자들은 스스로 학습속도를 조절하며, 반복학습이 가능하게 되며 학습 스타일 차이도 해결이 가능하다. 또 다른 연구로 Park 등⁴은 3차원 모델링 기술과 튜토리얼 방식을 적용한 어플리케이션을 개발하였다. 개발된 어플리케이션을 치아형태학 수업에 활용한 경우 치아 조각 수행능력과 학습만족도가 높게 나타났다. 다만 인지적 영역 학습은 전통적인 방법을 활용한 집

단에서 더 높게 나타났다.¹⁷

지금까지 새로운 기술을 적용한 교육 매체들이 개발되고 동시에 그에 대한 타당성에 대한 평가들이 연구되고 있다. 대부분의 연구들은 인식, 만족도 평가와 같은 정성적인 평가가 주로 이루어졌고 이에 대한 혁신적인 매체들의 평가는 유망한 결과로 나타났다. 또한 치아마다 해부학적 형태가 다르고 난이도 차이가 있어 매체 사용에 따른 효과 차이가 나타날 수 있다. 유치나 소구치에 대한 3차원 학습매체 사용에 대한 효과 보고되었으나 상악 중절치에 대한 3차원 치아조각 어플리케이션 사용의 객관적 성적 평가가 이루어진 연구는 없었다. 따라서, 본 연구에서는 객관적인 평가지표를 통해 전통적인 실습과 증강현실 기반의 순차적 치아조각 모바일 어플리케이션을 활용한 상악 중절치 조각 실습을 진행한 사용자(학생)들의 학업 성취도에 차이가 있는지를 확인하여 증강현실 치아조각 모바일 어플리케이션의 학습효과를 확인하고자 한다.

연구 재료 및 방법

본 연구에서는 치아형태학 이론 및 실습이라는 교과목을 수강한 충남지역 N대학교 치위생학과 1학년 학생들을 대상으로 하였고, 2021년과 2022년 치아형태학 상악 중절치에 대한 교수자 채점 점수를 이용하였다. 1학년 치아형태학 및 실습 교과목 수강학생은 2021년에는 63명, 2022년에는 60명이 대상자에 해당하였다. 이 중에서 상악 중절치의 조각 결과가 교수자의 기준치를 충족하지 못하여, 다시 조각을 수행한 학생들의 교수자 평가 결과는 제외하였다. 최종적으로 2021년에는 50명, 2022년에는 40명의 채점결과를 분석 자료로 사용하였다.

연구 방법은 Fig. 1과 같다. 2021년 치아형태학 실습 교과서를 이용하여 전통적인 방법으로 치아 왁스 조각을 수행하고 교수자가 상악 중절치를 정량적으로 평가하였다. Im과 Lee¹⁶가 개발한 증강현실 어플리케이션을 이용하여 상악 중절치에 대한 실습을 수행하였다. 임 등의 개발자에게 증강현실 어플리케이션에 대한 사용 및 치아의 3D 오브젝트의 수정을 승인받았다. 실습지원 매체를 제외한 모든 수업과정은 2021년과 2022년 동일하게 진행하였다. 동일한 교수자가 상악 중절치 이론 1시간, 상악 중절치 실습 3시간으로 진행하였고, 조각한 상악 중절치는 3시간 실습 종료 후 제출하였다. 증강현실 치아조각 실습 어플리케이션은 수업 1주일 전에 링크를 공유하고 개인 모바일 기기에 설치하고 확인하였다. 이미지 마

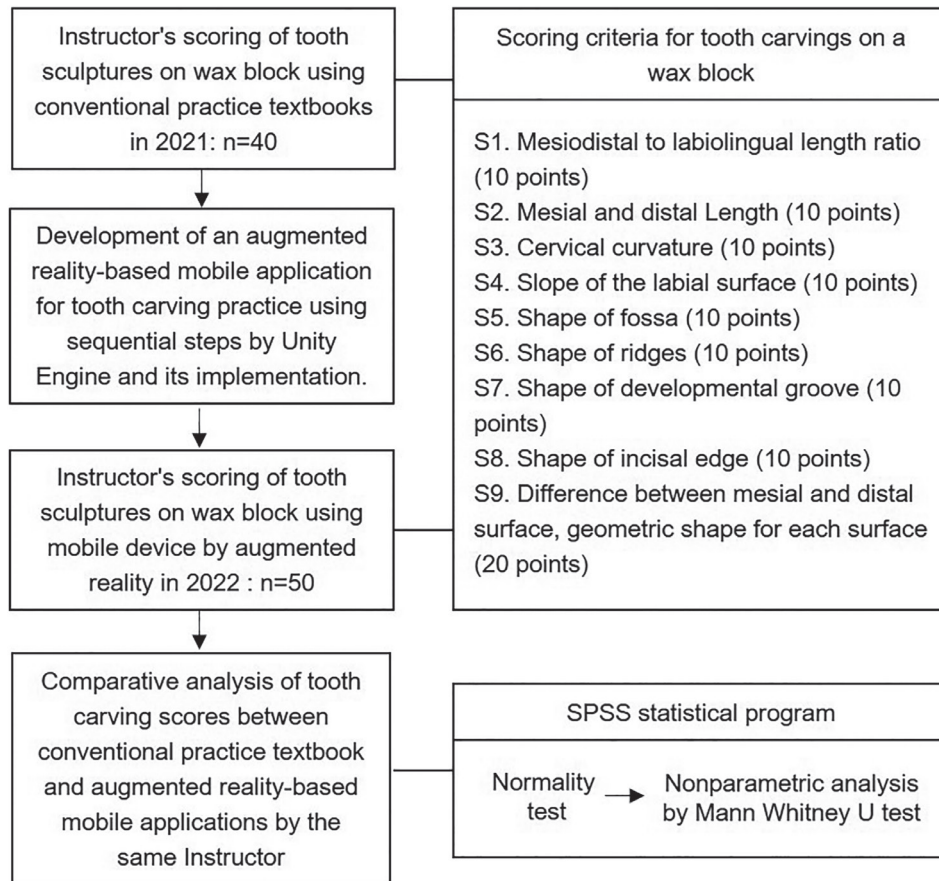


Fig. 1. Comparative analysis of tooth scores on wax block to evaluate the effects of learners using conventional practice (textbook) and augmented reality-based sequential mobile applications for tooth carving.

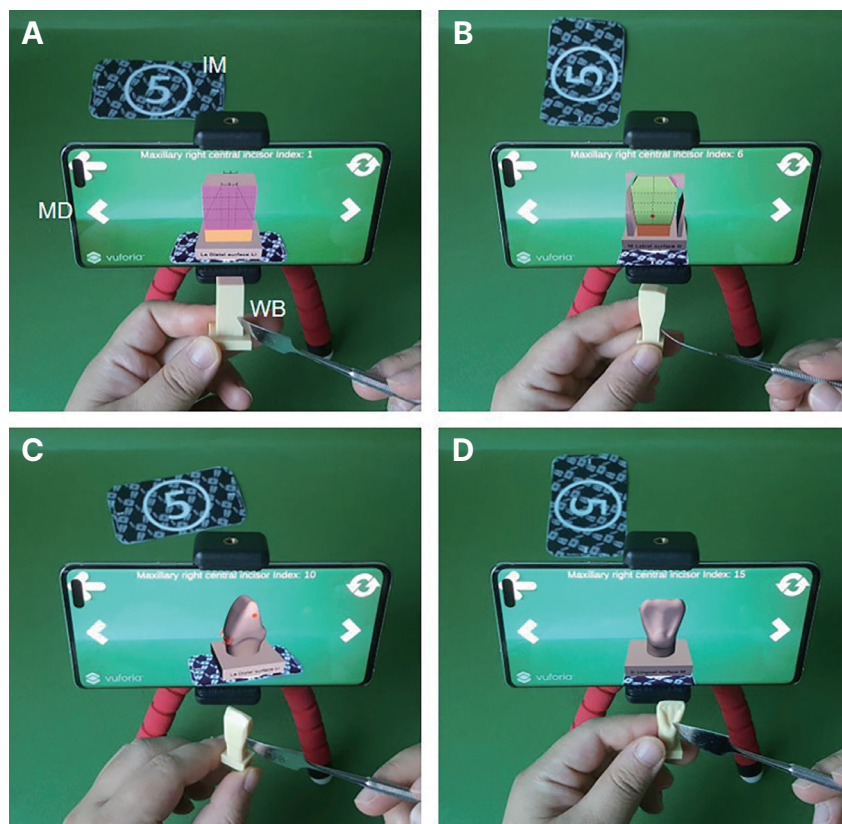
커가 없으면 치아의 순차적인 조각 가이드가 삼차원 오브젝트 형태로 증강되지 않아 사전에는 사용이 불가능하게 되어있다. 수업시간 내 동일한 실습실에서 개인 모바일 기기를 이용하였다. 이미지 마커에 초점을 맞추면 상대적인 위치가 계산되어 마커의 형상에 따라 3차원 모델이 형성되어 학습자들이 동일하게 사용할 수 있다. 2022년 증강현실 어플리케이션을 활용한 후에, 2021년과 동일한 객관적 평가지표를 적용하여 학생들의 치아 조각 모형에 대한 수행능력을 측정하였다. 조각 수행 능력은 치아형태의 해부학적인 항목 9가지를 기준으로 하였고 100점 만점으로 하였다. 9가지 항목은 근/원심과 순/설의 길이비율(10점), 근심과 원심의 길이(10점), 치경부 만곡(10점), 순면의 기울기(10점), 와의 형태(10점), 융선의 형태(10점), 발육구의 형태(10점), 절단의 형태(10점), 근심면과 원심면의 차이, 각 면의 기하학적 형태(20점)이다. 평가는 치아형태학 이론 및 실습 교육경력 10년의 동일한 교수자 1명이 평가하였다.

증강현실 어플리케이션은 Im과 Lee¹⁶의 3차원 모바일 튜토리얼 방식으로 개발된 어플리케이션을 치아 단계별 조각에서 면의 색깔, 질감 등을 수정하여 사용하였다. 이 도구는 증강현실 기반 모바일 어플리케이션으로 치아조각을 위한 순차적인 가이드가 제시되어 있다. 연구에서 사용한 상악 우측 중절치 모델은 16단계로 제작되어 있고, 휴대기기 카메라를 마커에 초점을 맞추면 이미지 마커와 모바일 기기의 상대적인 위치가 계산되어 상악 중절치 3차원 모델이 생성된다(Fig. 2). 학습자들은 이미지 마커를 회전하면 사용자가 원하는 방향으로 돌리고, 확대하는 조작과 치아의 입체적인 관찰에 대한 상호작용이 가능하다. 실시간으로 관찰과 비교가 가능하여 학습자가 직접 조각하고 있는 왁스 블록에서 단계적으로 조각에 대한 오류 부분을 확인할 수 있다.

치아조각 평가 점수는 SPSS 26.0 (IBM Corporation, Armonk, USA)을 이용하여 통계적 분석을 수행하였다. 소규모 표본의 정규성 검증을 위해 2021년과 2022년 치

Fig. 2. Tooth carving practice in the maxillary central Incisor using an augmented reality-based sequential carving guide application on a mobile device. (A) Drawing lines for tooth carving on distal surface of a wax block, (B) The removed part from the wax block on display of mobile device (C) The process of finely refining the tooth shape, (D) The shape of the final carved maxillary central incisor on the wax block.

IM, image marker of central incisor; MD, mobile device; WB, wax block.



아조각물 채점항목에 대한 정규성 검정(Shapiro-Wilk Test)을 시행하였고, 정규성을 만족하지 않음이 확인되었다($P < 0.05$). 2021년과 2022년 치아조각 평가 점수를 통한 증강현실 어플리케이션 학습효과 차이를 비교하기 위해서, 치아의 정량적 평가 요소에 대해 맨-휘트니 U 검정(Mann-Whitney U test)을 실시하였다. 통계적 유의성은 유의수준 0.05를 기준으로 분석하였다.

결과

일반적인 특성은 Table 1과 같다. 2021년에는 남녀 비율은 ‘남성’ 1명 (2.5%), ‘여성’ 39명 (97.5%)로 여성이 더 많았고, 평균연령은 만 19.2세였으며, 학년은 모두 1학년

(100%) 학생이었다. 2021년에는 남녀비율은 ‘남성’ 2명 (4%), ‘여성’ 48명 (96%)로 여성이 더 많았고, 평균연령은 만 19세였으며, 학년은 모두 1학년 (100%) 학생이었다.

치아형태학 학습 방법에 따른 치아조각 점수는 총점과 하위요인별로 분석하였다. 치아형태학 어플리케이션 사용자 효과 검증에 앞서 소규모 표본의 정규성 검증을 위해 Shapiro-Wilk Test를 실시하였고, 유의확률 0.05이하로 정규분포를 따르지 않았다. 전통적인 학습과 어플리케이션 활용에 사용자 효과차이를 검정하기 위해 Mann-Whitney U test를 시행하였다. 두 집단간의 치아조각 전체 점수 차이는 Table 2와 같다. 학습방법에 따라 조각 점수에 차이가 있는지를 검정한 결과 증강현실 어플리케이션의 사용 집단(Group 2, G2)의 평균값은 88.33

Table 1. Characteristics of study population

		Group 1 (G1, 2021) (n= 40)	Group 2 (G2, 2022) (n= 50)
Gender	Female (%)	39 (97.5%)	48 (96%)
	Male (%)	1 (2.5%)	2 (4%)
	Average ages	19.2	19

± 4.84 , 전통적인 학습 집단 (Group 1, G1)의 평균값은 70.28 ± 5.21 로 G2집단에서 더 높게 나타났다. 그룹간 차이를 비교한 결과, U값은 3.500, Z값은 8.102로 통계적으로 유의하였고($P < 0.05$), 효과크기는 0.997로 두 집단간의 차이가 있었다.

치아형태학 학습방법에 따른 치아조각 하위항목별 점수는 Table 3과 같다. 하위항목 근/원심과 순/설의 길이 비율 점수(S1)에서 두 집단간의 차이가 있었다($U =$

293.500, $Z = -5.902$, $P < 0.05$). 교과서를 활용하여 수업을 한 집단 G1의 평균점수가 7.08, 3차원 어플리케이션을 활용하여 수업을 한 집단 G2의 평균점수가 9.10으로 G2에서 값이 더 높았다. 평균순위는 G1보다 G2에서 더 높았다. 하위항목 근심과 원심의 길이 점수(S2)에서 두 집단간의 차이가 있었다($U = 209.500$, $Z = -6.591$, $P < 0.05$). G1집단의 평균점수가 6.78, G2집단의 평균점수가 8.70으로 G2에서 값이 더 높았다. 평균순위는 G1보다

Table 2. Differences in tooth scoring results between groups were analyzed based on the type of practice media used during tooth carving practice

Score	Group	N	Mean	SD	Median	Mean rank	Rank sum	U	Z	P (two-tailed)	Effect size
TS	G1	50	70.28	4.84	88.00	25.57	1278.50	3.500	-8.102	0.000	0.997
	G2	40	88.33	5.21	71.00	70.41	2816.50				

G1: In 2021, a group of students engaged in tooth carving practice using a conventional textbook, G2: In 2022, a group of students engaged in tooth carving practice using an augmented reality mobile application that provided a step-by-step guide, N: number of carved tooth, M: mean, SD: standard deviation, TS: The total score of 100 point is derived from the sum of nine scoring items, namely S1 to S9.

* $P < 0.05$.

Table 3. Differences in scores between groups were analyzed for each scoring item pertaining to carved tooth

S	Group	N	Mean	SD	Median	Mean rank	Rank sum	U	Z	P (two-tailed)	Effect size
S1	G1	50	7.08	1.43	6.00	31.37	1568.50	293.500	5.902	0.000*	0.707
	G2	40	9.10	1.01	9.00	63.16	2526.50				
S2	G1	50	6.78	1.00	6.00	29.69	1484.50	209.500	6.591	0.000*	0.790
	G2	40	8.70	0.99	9.00	65.26	2610.50				
S3	G1	50	6.86	1.31	6.00	29.43	1467.00	192.000	6.814	0.000*	0.808
	G2	40	9.28	1.01	10.00	65.70	2628.00				
S4	G1	50	6.92	1.18	6.00	31.56	1578.00	303.000	5.826	0.000*	0.697
	G2	40	8.65	1.10	9.00	62.93	2517.00				
S5	G1	50	6.60	0.95	6.00	27.29	1364.50	89.500	7.678	0.000*	0.910
	G2	40	9.28	0.96	10.00	68.26	2730.50				
S6	G1	50	6.70	1.07	6.00	29.68	1484.00	209.000	6.705	0.000*	0.791
	G2	40	9.08	1.35	10.00	65.28	2611.00				
S7	G1	50	6.16	0.47	6.00	29.68	1484.00	209.000	7.069	0.000*	0.791
	G2	40	7.63	1.00	8.00	65.28	2611.00				
S8	G1	50	6.28	0.73	6.00	29.71	1485.50	210.500	6.930	0.000*	0.789
	G2	40	7.95	1.11	8.00	65.24	2609.50				
S9	G1	50	16.90	1.18	16.00	31.52	1576.00	301.000	5.865	0.000*	0.699
	G2	40	18.68	1.12	19.00	62.98	2519.00				

G1: In 2021, a group of students engaged in tooth carving practice using a conventional textbook, G2: In 2022, a group of students engaged in tooth carving practice using an augmented reality mobile application that provided a step-by-step guide, N: number of carved tooth, S: scoring items, S1: mesiodistal to labiolingual length ratio, S2: mesial and distal length, S3: cervical curvature, S4: slope of the labial surface, S5: shape of fossa, S6: shape of ridges, S7: shape of developmental groove, S8: shape of incisal edge, S9: difference between mesial and distal surface, geometric shape for each surface, SD: standard deviation.

* $P < 0.05$.

G2에서 더 높았다. 하위항목 치경부 만곡 점수(S3)에서 두 집단간의 차이가 있었다($U = 192.000$, $Z = -6.814$, $P < 0.05$). G1집단의 평균점수가 6.86, G2집단의 평균점수가 9.28로 G2에서 값이 더 높았다. 평균순위는 G1보다 G2에서 더 높았다. 하위항목 순면의 기울기 점수(S4)에서 두 집단간의 차이가 있었다($U = 303.000$, $Z = -5.826$, $P < 0.05$). G1집단의 평균점수가 6.92, G2집단의 평균점수가 8.65로 G2에서 값이 더 높았다. 평균순위는 G1보다 G2에서 더 높았다. 하위항목 와의 형태 점수(S5)에서 두 집단간의 차이가 있었다($U = 89.500$, $Z = -7.678$, $P < 0.05$). G1집단의 평균점수가 6.60, G2집단의 평균점수가 9.28로 G2에서 값이 더 높았다. 평균순위는 G1보다 G2에서 더 높았다. 하위항목 융선의 형태 점수(S6)에서 두 집단간의 차이가 있었다($U = 209.000$, $Z = -6.705$, $P < 0.05$). G1집단의 평균점수가 6.70, G2집단의 평균점수가 9.08로 G2에서 값이 더 높았다. 평균순위는 G1보다 G2에서 더 높았다. 하위항목 발육구의 형태 점수(S7)에서 두 집단간의 차이가 있었다($U = 209.000$, $Z = -7.069$, $P < 0.05$). G1집단의 평균점수가 6.16, G2집단의 평균점수가 7.63으로 G2에서 값이 더 높았다. 평균순위는 G1보다 G2에서 더 높았다. 하위항목 절단의 형태 점수(S8)에서 두 집단간의 차이가 있었다($U = 210.500$, $Z = -6.930$, $P < .05$). G1집단의 평균점수가 6.28, G2집단의 평균점수가 7.95로 G2에서 값이 더 높았다. 평균순위는 G1보다 G2에서 더 높았다. 하위항목 근심면과 원심면의 차이, 각면의 기하학적 형태 점수(S9)에서 두 집단간의 차이가 있었다($U = 301.000$, $Z = -5.865$, $P < 0.05$). G1집단의 평균점수가 16.90, G2집단의 평균점수가 18.68로 G2에서 값이 더 높았다. 평균순위는 G1보다 G2에서 더 높았다. 모든 점수 항목에서 평균값, 중앙값은 G2집단이 G1집단보다 높았다.

고찰

치아형태학 과목은 전임상단계에서 치아의 정상적 형태에 대해서 다루는 것으로 질병 진단, 치료 단계에서 이를 적용하고 활용하는 고차원적 학습으로 이어지게 된다.¹⁸ 학습목표에 도달하기 위해서 이론에 대한 인지적 영역 학습과 더불어 정의적 영역에 해당하는 치아 조각 실습은 필수적이다.⁴ 특히 상악 중절치는 전치부에서 심미성을 결정하는 치아에 해당하여 치아의 형태나 비율이 중요하게 작용한다.¹⁹ 상악 중절치는 4개의 면과 1개의

절단면으로 이루어져 있고, 4개의 연, 우각상징 등을 잘 표현해야 한다.¹⁶ 치아 조각 실습의 학습효과를 높이기 위해 디지털 기반의 학습이 이루어지고 있고 다양한 기술이 적용된 매체들이 보고되고 있으나 실질적인 정량적 평가가 이뤄지지 않았다는 한계들이 있어왔다. 따라서 본 연구에서는 증강현실 기반 치아조각 어플리케이션을 통한 수업에 대한 효과를 확인하고자 하였다. 학생들에게 시각화 하는데 도움을 주는 증강현실 기반 치아조각 어플리케이션을 실습 수업에 적용한 후, ‘상악 중절치’의 해부학적인 형태에 대한 세부항목을 기준으로 조각물을 평가하고 점수와 하였다. 실제 사용자를 대상으로 3차원 어플리케이션 매체를 활용하여 실습수업의 학업성취도를 정량적으로 비교하였다는 점에서 의의가 있다. 연구의 주요결과와 시사점을 논의하는 내용은 다음과 같다.

본 연구에서 2021년과 2022년 ‘상악 중절치’ 전체 치아 조각 점수를 비교한 결과, 2021년은 평균 70.28 ± 5.21 점, 2022년은 평균 88.33 ± 4.84 점으로 유의한 차이를 보였다. 본 연구와 비슷한 결과로 Pakr과 Kim¹⁷이 3차원 멀티미디어를 활용하여 ‘상악 제1소구치’ 조각 수행능력을 평가하였는데 2차원 텍스트 기반 집단보다 3차원 멀티미디어 활용 집단에서 평균 점수가 높게 나타났다. 이전 연구에서 사용한 치아 조각 능력 평가 기준은 5가지(A - E)로 등급을 나누어 광범위하게 평가가 이루어졌고, 본 연구에서는 치위생학과 학습목표를 근거로 해부학적인 지표를 기준으로 치아의 길이나 비율 그리고 와, 융선, 발육구, 절단의 형태에 관해 9가지를 기준으로 점수화하여 보다 객관적인 지표를 사용하였다. 비록 연구 대상치아와 수행 평가 기준에서 본 연구와 차이가 있지만 공통적으로 입체적인 자료를 사용하여 다양한 방향에서 관찰이 가능했고, 치아 조각 수행 과정이 단계별로 제시되어 있어 학업 성취도 향상에 기여했을 것이다. 치아 조각 어플리케이션 관련 객관적 평가 연구가 거의 없어 비교가 어려웠으나 최근 치아형태학 교수법이 혁신적인 매체를 활용하여 보완이 되고 있는 단계로 추후 치아형태학 콘텐츠 연구에서는 세부항목을 해부학적 지표를 기준으로 평가하여 실습 능력의 성취도를 정량적으로 비교하여 학습효과를 확인하는 것이 필요하다.

선행 연구에서 보고된 것과 같이 AR, VR, 3D 기술을 적용한 매체는 형태학적인 3차원적인 구조물을 이해하고, 수기 능력 향상에도 효과적이다.^{14,16,17} 다만 이전 연구의 정성적 평가에서는 이러한 교수매체가 전통적인 방법을 대체할 수는 없고 추가 도구로서 긍정적인 평가를 하

였다.¹⁴ 이해도, 수행능력은 향상되지만 학생들은 교수자의 직접적이고 지속적인 피드백을 더 중요시함을 의미하는 바이다.⁶ 선행연구에서 살펴보면 교수자의 피드백이 학습자의 성취도와 참여도에 긍정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있다.²⁰ 즉 수업 과정에서 피드백은 필수적이고 학습능력과 연관이 있다. 웹 기반 환경에서는 학습자 스스로 학습과정과 노력을 통제하는 자기조절학습이 이루어지는데 수준이 높은 경우 내재적 피드백이 학습에 영향을 주게 된다. 하지만 자기조절학습 수준이 낮은 경우는 내재적 피드백 보다는 교수자에 의한 외재적 피드백이 학습에 더 효과적이다.²¹ 이러한 맥락에서 살펴보면, 본 연구에서 사용한 증강현실 기반 치아조각 어플리케이션은 학습자들이 독립적으로 어플리케이션을 사용하기 보다는 피드백이 결합된 수업형태로 진행하게 되면 치아형태 조각 실습에 더 유용하게 사용될 것으로 사료된다. 반면에 새로운 매체 사용은 인지부하(cognitive load) 측면에서는 인지적 자원의 한계가 초과되어 학습이 더 어려웠다는 결과도 보고되어 있다.²² 본 연구에서 사용한 치아조각 어플리케이션은 학습자들의 인지부하를 줄이기 위해서 어플리케이션 설치 후 별도의 버튼조작 없이 제공된 이미지 마커를 이용하여 카메라에 초점을 맞추는 단순한 과정으로 사용하게 하였다. 또한 치아면에 대한 혼란을 줄이기 위해서 치아의 다양한 면에 색깔을 다르게 수정하여 적용하였다. Lee와 Jung²³도 모바일 어플리케이션 사용에서 콘텐츠 측면보다는 기능적 측면에 대한 만족도가 중요하게 작용한다고 보고하였다. 새로운 기술이 적용된 매체를 활용한 수업설계에 있어서 기능적 편리함도 고려되어야 하는 부분이다.

2021년과 2022년 세부 항목별 조각 점수를 비교한 결과 모든 항목에서 유의미한 차이를 보였다. 특히 와의 형태, 치경부 만곡, 융선의 형태점수에서 뚜렷한 차이를 보였다. 이 항목은 길이나 비율보다는 해부학적인 형태가 뚜렷한 곳으로 그 형태를 구현하는데 증강현실 기반 치아조각 어플리케이션 도움이 컸을 것으로 해석할 수 있다. 왁스 블록 조각 실습에서 3차원적인 매체와 다양한 기술이 접목되면 학습자의 능력이 향상될 것이라는 이전 연구와 일치하는 바이다.² 모든 세부항목에서 유의미한 차이를 보이는 것은 치아조각 어플리케이션을 활용하여 치아 조각 과정마다 실시간으로 비교가 가능하게 되어 자가평가와 더불어 비판적 사고가 이루어져 스스로 부족한 부분에 대한 반복학습을 하며 학습자의 역량 강화로 이어진 것으로 생각된다. 치의학 인증 위원회(Com-

mission on dental accreditation)에서 요구하는 표준 능력으로 자신의 작업을 정확하게 평가하는 비판적 사고와 자가 평가가 있다.²⁴ 학습자들의 자가 평가 과정은 스스로 부족한 부분을 파악하고 이를 교수자에게 알려 분석 및 검토가 가능하게 하는 훈련이다. 이를 통해 특정 기술을 향상시키기 위한 기술 추구 행동을 함으로써 긍정적인 학습 결과로 이어지게 된다. 단계별 튜토리얼 방식을 통해 자신의 작업을 스스로 확인하고 보완하는 행동으로 이어진 것으로 생각된다. 더불어 학습자들의 수기 능력 차이도 줄일 수 있다고 보고된 바 있다.¹⁶ 다만 실질적으로 어플리케이션 내 자가평가 도구가 있지 않아 객관적 자가 평가가 어렵다. 따라서 증강현실 기반 치아조각 어플리케이션 내에 자가평가에 대한 기능추가가 필요해 보인다. 이는 초기단계의 학습(전임상과정)에서부터 최종단계의 임상과정까지 유지하고 활용하는데 도움이 될 것으로 사료된다.

본 연구의 한계점과 후속연구를 위한 제언으로 다음과 같다. 첫째, 2021년과 2022년 치아조각을 한 학생들의 동질성을 확보하기 어려웠다. 두 집단간의 비교에서 무작위 배정이 아니기 때문에 표본 추출단계에서 편향(bias)이 발생하였다. 추후 무작위 대조군 사전-사후 설계를 통한 연구가 필요하다. 둘째, 1개 대학에서의 실습으로 제한되고, 대상자 수가 적어 넓은 범위의 코호트 연구가 필요할 것으로 보인다. 따라서 일반화하기에는 한계가 있으나 증강현실 기반 치아조각 어플리케이션을 사용한 집단의 점수가 높은 것을 통해 잠재적인 실습도구로서의 효과가 있다고 해석할 수 있다. 셋째, 치아조각에 영향을 미칠 수 있는 조각 역량, 공간지각력, 치아 이론에 대한 인지 등의 특성에 따른 개별 효과차이를 고려하지 않아 추후 다양한 변수를 고려한 연구가 필요할 것으로 보인다. 마지막으로 치아 조각 어플리케이션에 자가평가 기능을 추가하여 교수자 평가와 학습자 자가평가를 비교하는 추가 연구가 필요하다.

결론

본 연구에서는 치위생학과 학생들을 대상으로 상악 중절치 치아형태학 실습에서 전통적인 수업방식과 3D 어플리케이션 활용 수업을 비교하여 어플리케이션 활용 수업의 학습효과를 평가하고자 하였고, 결과는 다음과 같다.

증강현실 기반 치아조각 모바일 어플리케이션을 사용

한 집단(G2)과 전통적인 학습집단(G1)의 전체 조각 수행 능력 점수에 유의한 차이를 보였다($P < 0.05$). 또한 조각 수행 하위항목별 점수에서도 G1과 G2에서 유의한 차이를 보였다($P < 0.05$). 이상의 결과로 보아 치아형태 조각 실습교육에 적용이 가능하다는 긍정적인 결과를 확인하였다. 이를 통해서, 증강현실 어플리케이션이 잠재적인 실습도구로서의 가능성을 확인할 수 있었다. 증강현실 어플리케이션의 평가가 상악 중절치 뿐만 아니라 실습과정에서 조각하는 견치, 소구치, 대구치로의 확대 및 평가가 후속 연구에서 필요하다. 또한, 치아 조각에서의 증강현실 어플리케이션이 개별적인 사용자의 조각 역량에 미치는 효과에 대한 교육공학적 분석도 필요하다.

ORCID

Jae-Gi Lee <https://orcid.org/0000-0002-2720-0622>

Jung-Hee Bae <https://orcid.org/0000-0003-3813-5181>

References

- Obrez A, Briggs C, Buckman J, Goldstein L, Lamb C, Knight WG. Teaching clinically relevant dental anatomy in the dental curriculum: description and assessment of an innovative module. *J Dent Educ* 2011;75:797-804.
- Lone M, McKenna JP, Cryan JF, Downer EJ, Toulouse A. A Survey of tooth morphology teaching methods employed in the United Kingdom and Ireland. *Eur J Dent Educ* 2018;22:e438-43.
- Lamichhane RS, Chaulagain R, Pradhan A, Khadka S. Perception Regarding Tooth Carving Using wax Block among the Dental Practitioners. *J Nepal Health Res Counc* 2022;19:772-7.
- Park JT, Park SB, Lee JE. Developing a Mobile Tutorial Tools Using 3D Modeling Technology on Tooth Carving for Dentistry. *J Korea Con Assoc* 2016;16:546-57.
- Iwanaga J, Terada S, Kim HJ, Tabira Y, Arakawa T, Watanabe K, Dumont AS, Tubbs RS. Easy three-dimensional scanning technology for anatomy education using a free cellphone app. *Clin Anat* 2021;34:910-8.
- Maggio MP, Hariton-Gross K, Gluch J. The use of independent, interactive media for education in dental morphology. *J Dent Educ* 2012;76:1497-511.
- Kassebaum DK, Hendricson WD, Taft T, Haden NK. The dental curriculum at North American dental institutions in 2002-03: a survey of current structure, recent innovations, and planned changes. *J Dent Educ* 2004;68:914-31.
- Lee J, Kim H, Kim KH, Jung D, Jowsey T, Webster CS. Effective virtual patient simulators for medical communication training: A systematic review. *Med Educ* 2020;54:786-95.
- Eijlers R, Utens E, Staals LM, de Nijs PFA, Berghmans JM, Wijnen RMH, Hillegers MHJ, Dirckx B, Legerstee JS. Systematic Review and Meta-analysis of Virtual Reality in Pediatrics: Effects on Pain and Anxiety. *Anesth Analg* 2019;129:1344-53.
- Pulijala Y, Ma M, Pears M, Peebles D, Ayoub A. An innovative virtual reality training tool for orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2018;47:1199-205.
- Huang TK, Yang CH, Hsieh YH, Wang JC, Hung CC. Augmented reality (AR) and virtual reality (VR) applied in dentistry. *Kaohsiung J Med Sci* 2018;34:243-8.
- Lee YN, Kim AJ, Kim KS. Comparison of Perception Between Pre-service Teachers' and Kindergarten Teachers' on Applications for Early Childhood education. *J Educ Innovat Res* 2016;26:267-88.
- Lone M, Vagg T, Theocharopoulos A, Cryan JF, McKenna JP, Downer EJ, Toulouse A. Development and Assessment of a Three-Dimensional Tooth Morphology Quiz for Dental Students. *Anat Sci Educ* 2019;12:284-99.
- Liebermann A, Seefelder JK, Huth KC, Erdelt K. Mobile virtual tooth morphology teaching environment for preclinical dental students. *J Dent Educ* 2023;87:130-8.
- Samadbeik M, Yaaghobi D, Bastani P, Abhari S, Rezaee R, Garavand A. The Applications of Virtual Reality Technology in Medical Groups Teaching. *J Adv Med Educ Prof* 2018;6:123-9.
- Im EJ, Lee JG. Study on the Development of Stepwise Tooth Carving Practice Content Using Augmented Reality Technology and a Three-Dimensional Tutorial Method. *J Korea Converg Soc* 2020;11:81-8.

17. Park JT, Kim JH. Effects of Mobile Task Information Presentation using 3D Multimedia on Tooth Carving Knowledge, Performance and Class Satisfaction for Dentistry. *J Korea Con Assoc* 2018;18:376-85.
18. Im EJ, Lee JG. Virtual reality-based tooth carving education and practice system. *J Digit Con Soc* 2020;21:1905-11.
19. Kim SK, Kim OS. Analysis of esthetic factors and evaluation of esthetic perception for maxillary anteriors of dental students. *J Korean Acad Prosthodont* 2019;57:118-26.
20. Schlafer S, Pedersen K, Jørgensen JN, Kruse C. Hands-on live demonstration vs. video-supported demonstration of an aesthetic composite restoration in undergraduate dental teaching. *J Dent Educ* 2021;85:802-11.
21. Yang YC. The Effects of Embedded Learning Strategies to Promote The Use of Self-Regulated Learning Skills in A Web-Based Learning Environment. *J Educ Technol Syst* 2004;20:3-23.
22. Khot Z, Quinlan K, Norman GR, Wainman B. The relative effectiveness of computer-based and traditional resources for education in anatomy. *Anat Sci Educ* 2013;6:211-5.
23. Lee SH, Jung HK. Factors Increasing the Satisfaction with learning in Dental Morphology Class Using the Mobile Apps. *J Korean Soc Indust Converg* 2022;25:869-80.
24. Garrett PH, Faraone KL, Patzelt SB, Keaser ML. Comparison of Dental Students' Self-Directed, Faculty, and Software-Based Assessments of Dental Anatomy Wax-Ups: A Retrospective Study. *J Dent Educ* 2015;79:1437-44.

증강현실 기반의 순차적인 치아조각 모바일 어플리케이션의 사용자 효과

이재기 부교수, 배정희* 겸임교수

남서울대학교 치위생학과

목적: 본 연구에서는 순차적인 증강현실 치아조각 모바일 어플리케이션을 활용하여, 사용자의 치아조각 실습에서 학습 효과를 분석하였다.

연구 재료 및 방법: 치아형태학을 수강하는 학생들을 대상으로 2021년(기존의 이차원적인 실습 교과서)과 2022년(증강현실 어플리케이션) 상악중절치의 치아조각 점수를 이용하여 집단간 차이를 분석하였다. 점수 평가기준은 해부학적인 지표를 근거로 하여 근/원심과 순설의 길이 비율점수, 근심과 원심의 길이점수, 치경부 만곡, 순면의 기울기, 와의 형태, 융선의 형태, 발육구의 형태, 절단의 형태, 각면의 기하학적 형태 점수로 구성하였다. 집단간 차이를 Mann-Whitney U test로 검정하였다.

결과: 전통적인 2차원 텍스트를 활용한 집단과 증강현실 치아조각 모바일 어플리케이션을 활용한 집단에서 치아 조각 점수 차이가 있었다($P < 0.05$). 세부항목별 점수에서도 모두 유의미한 차이가 있었다($P < 0.05$). 증강현실 어플리케이션의 사용 집단의 점수가 전통적인 학습 집단보다 더 높게 나타났다.

결론: 상악 중절치 치아조각 실습 시, 증강현실 치아조각 모바일 어플리케이션을 활용하여 학습자들에게 실습을 가이드 하고, 치아조각에 대한 역량강화에 도움을 주길 기대한다. 추가적으로 상악 중절치 이외에 치아에 대한 평가와 학습자에게 증강현실 모바일 어플리케이션이 미치는 영향에 대한 후속 연구가 필요하다.

(구강회복응용과학지 2023; 39(2):69-78)

주요어: 증강현실; 중절치; 치의학교육; 모바일 어플리케이션; 형태학

*교신저자: 배정희

(31020)충청남도 천안시 서북구 성환읍 대학로 91 남서울대학교 치위생학과

Tel: 041-580-2000 | Fax: 041-580-2927 | E-mail: jung18342@naver.com

접수일: 2023년 5월 15일 | 수정일: 2023년 6월 1일 | 채택일: 2023년 6월 1일