

환자맞춤형 3D 프린팅 모델을 활용한 매복 사랑니 발치 실습의 교육적 효과: 예비 연구

정서연¹, 김수연^{1,2}, 최이슬³, 박원서^{3,*}

¹연세대학교 치과대학 치의학교육학교실, ²연세대학교 치과대학 BK21 창의치의학융합 교육연구단,
³연세대학교 치과대학병원 통합치 의학과

ABSTRACT

Educational Effects of Surgical Extraction Training Using Patient-customized 3D Printing Model: A Pilot Study

Seoyeon Jung¹, Soo-Yoon Kim^{1,2}, Yiseul Choi³, Wonse Park^{4,*}

¹Research assistant professor, Department of Dental Education, College of Dentistry, Yonsei University,
Seoul, Republic of Korea

²BK21 PLUS Project, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea

³Researcher, Department of Advanced General Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University,
Seoul, Republic of Korea

⁴Professor, Department of Advanced General Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University,
Seoul, Republic of Korea

Tooth extraction is a skill that must be competent to provide primary care as a general dentist after graduating from dental college. However, compared to simple extraction, surgical extraction is not only difficult to perform, there is a risk of surgery, and dental students have fewer opportunities to treat patients, making it difficult to be competent. Therefore, we developed a surgical simulation of the impacted third molar extraction course using patient-specific 3D printing model. This study aims to analyze the educational effect of this practice by content analysis of reflection writing of students who actually performed the operation after simulation using a 3D printing model. As a result of content analysis for students' reflective writing, it was found that surgical simulation using the 3D printing model greatly contributed to the motivation for self-directed learning as well as the improvement of students' knowledge and skills. In conclusion, through surgical simulation course accompanied by reflection writing, dental students can improve the ability to perform surgical extraction and induce self-directed learning.

Key words : Three-dimensional printing, Simulation training, Tooth extraction, Education, Self-directed learning as topic

서 론

발치는 치과의사로서 갖추어야 할 기본 역량 중 하나이다¹. 우리나라의 경우 '국가적 수준의 치과의사 역량문'에

Correspondence : Prof. Wonse Park
Department of Advanced General Dentistry, College of Dentistry, Yonsei
University, 50-1 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Republic of Korea
Tel: +82-2-2228-8968, fax: +82-2-2227-8906
E-mail: wonse@yuhs.ac
Received: January 28, 2022; Accepted: March 3, 2022

서 치과의사가 갖추어야 할 역량을 규정하고 있는데, 이 중 여섯 번째 영역인 ‘구강악안면 영역에서 발생하는 질환을 적절하게 예방하고 치료하는 능력’의 하위 항목으로서 ‘6.13 단순 발치를 할 수 있다.’와 ‘6.14 단순한 외과적 발치를 할 수 있다.’가 제시되어 있다². 어떠한 항목에 대해 역량을 갖춘다는 것은, 술자가 개별적이고 독립적으로 술식을 시행할 수 있어야 한다는 의미로^{3,4}, 발치의 경우 사전 진단, 발치 방법의 결정, 마취, 수술, 수술 후 처치, 투약 등 모든 과정을 아우르는 범위이다. 하지만 어떻게 하면 학생들이 이러한 역량을 획득할 수 있는지에 대해서는 아직 연구와 합의가 부족한 상황이다⁵.

발치를 수행하기 위해서는 술기를 위한 사전 지식, 기구 조작법, 술후 처치에 대한 지식(knowledge)과 함께 술기 수행(does)의 능숙함이 모두 요구된다. 지식 부분은 대부분의 내용이 강의 시간을 통해 여러 가지 방식으로 학생들에게 전달되고 있으나, 술기 향상 부분에 대해서는 교수자들의 많은 고민이 필요한 상황이다. 유럽의 여러 대학에서 발치술에 대한 교육 방법을 연구한 결과에 따르면, 대부분의 학교는 ‘전통적 강의’ 위주로 강의를 진행하고 직접 진료 전 동영상 등을 이용해 강의를 하는 학교도 있는 것으로 나타났다⁶. 하지만 술기 수행 능력의 경우, 학생이 발치에 대한 역량을 획득하기 위한 직접 수술 경험의 최소 요구량에 대한 근거는 보고된 바가 없으며, 직접 진료를 행하는 양은 국가별 의료 제도와 사회적 정서의 차이로 인해 편차가 매우 크다고 할 수 있다. 해외 연구를 참고하면, 유럽의 경우 치과대학생이 치과대학을 졸업하기 전에 20~116개의 발치를 수행하고⁷, 개발도상국가의 경우 약 200개의 발치를 수행한다고 보고되고 있다⁵. 그러나, 우리나라의 경우 다양한 원인으로 인해 치과대학생들이 직접 진료를 수행할 기회가 타국가들보다 적은 것이 현실이고, 졸업생들이 평균 수행하는 발치의 개수는 10개 미만으로 알려져 있으나 정확히 보고된 바는 없다.

더구나, 수술 발치의 경우 발치 겸자를 이용한 단순 발치에 비교하여 술기의 난이도가 높고 환자를 접할 기회가 더욱 적으므로 치과대학생이 졸업 전에 적절한 능력을 갖추기는 매우 어려운 환경이다. 실제로, 영국에서 시행된 국가 조사(national survey) 결과에 따르면, 졸업을 앞둔 치과대학생들의 응답을 분석한 결과 학교에서 발치에 대한 지식은 충분히 배웠다고 생각하고 단순 발치의 수행에는 자신감이 있었으나, 수술 발치의 경우 자신감이 낮은 것으로 보고되었다⁸⁻¹⁰. 쿠웨이트 대학에서 시행한 치과대학생들의

구강악안면외과적 수술에 대한 자신감(self-confidence)에 대한 연구에서 역시 유일하게 수술 발치의 수행 항목이 자신감이 낮은 항목으로 보고되었다¹¹.

수술 교육 분야에 있어, ‘모의 수술(surgical simulation)’은 효과적인 교육 방법 중 하나로 널리 활용되고 있다¹². 모의 수술을 통해 술기의 향상과 함께 수술 시간의 단축 및 수술 합병을 줄일 수 있음이 보고된 바 있으며¹³, 무엇보다 사람을 치료하기 전에 수술에 대한 연습과 경험을 쌓을 수 있다는 점에서 굉장히 매력적인 방법으로 익히 보고되었다¹⁴. 수술 발치는 수술 부위의 해부학적 구조물이 복잡하고, 경조직과 연조직을 동시에 아울러야 하며 시야와 접근성에 제한이 많아 모의 수술이 특히 필요한 분야이다. 최근, 기술의 발달로 실제 환자 수술 전 모의 수술을 시행할 수 있는 여러가지 방법들이 가능해졌다¹⁵. 이러한 모의 수술을 통해 학생들이 충분히 술기가 갖추어진 상태로 수술에 임할 수 있다면, 보다 안전하고 효과적인 치료가 가능해지며, 학생들이 치과대학 졸업 전에 간단한 수술 발치에 대한 역량을 충분히 갖추므로써 졸업 후 일차 진료가 가능한 일반 치과의사로서 사회에 기여하도록 도모할 수 있을 것이다.

이에, 본 연구에서는 3D 프린팅 모델을 활용한 학생별 맞춤형 모의 수술을 시행 후 학습자가 작성한 성찰 보고서에 대한 내용 분석을 시행함으로써 실습의 효과와 향후 발전 가능성에 대해 제시하고자 한다.

연구 방법

1. 환자맞춤형 3D 프린팅 모델을 활용한

매복 사랑니 발치 실습

학생 진료 시설에서 하악 제3대구치의 수술적 발치가 예정된 환자 중 Cone beam computed tomography (CBCT)를 촬영한 여섯 명의 환자의 하악골 Digital imaging and communication in medicine (DICOM) 데이터를 이용하여 발치 부위를 재현한 Stereolithography (STL) 파일을 추출한 후 3D 프린터(Form2; Formlabs INC., Somerville, MA)와 3D 프린팅 레진(Rigid resin; Formlabs)을 이용하여 모델을 제작하였다(Fig 1). 이후, 교수자 동반하 학생이 모델을 영상 이미지와 비교하여 관찰하고, Table 1에 제시된 순서에 따라 실습을 시행하였다. 실습은 실제 수술을 진행하는 장소의 동일한 치과 চে어 위에 마네킨을 위치시키고,



Figure 1. The 3D printing model for surgical extraction simulation of the impacted lower third molar. The model consists of a mandibular part, dentitions, and a plate for attaching to the mannequins.

Table 1. Lesson plan for surgical simulation

Procedure		Lesson Plan
실습 전	실습 준비	Panorama, CBCT와 실제 모델의 비교
실습 중	도입부 실습	마네킨에 모델 고정, 기구 세팅 모의 수술 및 중간 되먹임
실습 후	마무리 과제	교수자 최종 되먹임 및 질의응답 성찰 보고서 제출

Table 2. Guidelines for the reflection writing

Category	Criteria
모델의 특성	모델이 실제 상황과 유사했는가? 재질은 실제와 유사한가? 모델에 더 반영했으면 하는 사항이 있는가?
환자맞춤형 3D 프린팅 모델을 활용한 발치 실습의 효과	모의 수술이 나의 지식과 술기 향상에 도움이 되었는가? 어떤 점이 실제 수술을 할 때 도움이 되었다고 생각하는가? 모델 실습이 없었다면 실제 수술 발치가 어땠을 것 같은가?
환자맞춤형 3D 프린팅 모델을 활용한 발치 실습 환경	실습 시간은 충분했는가? 실습 환경은 실제와 유사했는가? 교수자는 충분한 피드백을 부여했으며 조력자가 필수적이라고 생각하는가?
환자맞춤형 3D 프린팅 모델을 활용한 발치 실습의 만족도	모의 수술에 대해 만족하는가? 다시 실습에 참가할 의향이 있는가?
환자맞춤형 3D 프린팅 모델을 활용한 발치 실습의 개선 사항	더욱 효과적인 모의 수술 경험을 위해 추가적으로 더 필요한 것이 있는가? 불편하거나 개선을 요하는 과정이 있는가? 실습 중 가장 어렵거나 불편했던 점이 무엇이었는가? 몇 개를 하면 도움이 될 것 같은가?

제작한 모델을 마네킨 구강 내부에 고정하여 수술에 사용하는 동일한 기구를 이용하여 진행하였다.

2. 자료 수집 및 분석

3D 프린팅 모델을 이용한 발치 실습 후 실제 수술을 진행한 여섯 명의 학생들에게 실습 및 수술 후 성찰 보고서 (reflective writing)를 작성하도록 하였다. 성찰 보고서는 학습자가 학습한 내용, 과정, 스스로의 성취도에 대한 자기 성찰에 대해 기록하는 보고서로서, 학생의 비판적 사고와 배움에 대한 심도 깊은 이해, 자기효능감(self-efficacy)의 상승으로 연결된다고 보고되고 있다¹⁶. 본 실습의 경우, 보고서는 첫 수술 발치를 시행한 소감을 기록하고 수술 과정을 되돌아 봄으로써 자기 성찰(self-reflection)을 하기 위한 과제로서 부여되었으며 다섯 가지 항목의 내용들을 포함하여 작성하도록 제시하였다(Table 2). 두 명의 연구자가 제시된 가이드라인을 토대로 보고서를 검토한 결과, 보고서들이 모든 항목에 부합되도록 충실히 작성되었음을 확인하였다. 연구자 1인은 실습 및 수술 발치를 지도한 치의학 전공자이며, 다른 1인은 해당 분야와 무관한 영어교육을 전공한 연구자이다. 보고서 분석에 대한 두 연구자 간의 신뢰도 향상을 위해 두 연구자가 독립적으로 내용 분석(content analysis)을 시행하여 각각의 키워드를 추출한 후 여러 차례 논의 및 검토 작업을 통해 의견을 조율하였다.

이후, 상위 범주와 하위 범주에 대한 분류화 및 세분화 작업을 수차례 진행하여 최종 키워드를 선정하였다.

결 과

성찰 보고서를 내용 분석한 결과 Table 3과 같이 키워드를 추출할 수 있었다. 학생들의 응답은 3D 프린팅 모델 자체에만 초점을 둔 아주 국소적인 부분부터 실습을 수행한 환경, 3D 프린팅 모델을 이용한 ‘모의 수술’이라는 행위를 통해 얻을 수 있었던 효과, 그러한 경험에서 발생한 자기 주도적 학습 능력 및 3D 프린팅 모델을 이용한 환자맞춤형 발치 실습의 교육적 효과까지 확장되어 광범위한 내용까지 모두 포함하고 있었으며, 본 실습의 전반적인 만족도와 개선 및 보완 사항에 대해서도 여러 의견을 제시하였다.

1. 환자맞춤형 3D 프린팅 발치 모델

가장 우선적으로 환자맞춤형 3D 프린팅 발치 ‘모델 자체’에 대한 학생들의 응답에서는 긍정적인 키워드 세 가지, 개선을 요하는 키워드 두 가지를 추출할 수 있었다. 긍정적인 부분으로서는 ‘발치 부위의 재현’, ‘수술 시 참고용

자료로 활용’, ‘직관성’이 가장 고빈도 키워드였고, 개선이 필요한 부분으로서는 ‘재질’과 ‘마네킨 연결에 대한 부분’이 다수의 응답을 차지하였다. 발치 부위의 재현성 부분에 대한 학생들의 응답을 살펴보면 아래와 같다.

응답자 A: 진짜 치은 피판을 열고 나면 실습했던 모델과 똑 같은 구조가 나왔다.

응답자 B: 처음에는 치아가 설측전위인지, 협측전위인지가 잘 감이 안 왔는데 모델로 보니까 잘 보이고, 치아 축, 각도 치아가 뼈에서 얼마나 나와 있는지 등이 재현이 너무 잘 되어 있었다.

응답자 D: 밖으로 나와 있으니 너무 잘 보여서 놀랐다.

응답자 E: 크기가 비슷하니까 여러모로 술전에 미리 익힐 수 있었다.

응답자 F: 치아 뿌리 모양, 치아의 각도 같은 것도 보여서 좋았다.

수술 전 실습에 활용된 맞춤형 3D 프린팅 모델을 통해 수술 부위의 골과 치아 부위가 재현되어 반복적으로 사전에 익힐 수 있다는 점이 초심자들에게 큰 장점으로 작용했음을 알 수 있었다. 일반적인 치과 임상 영역에서, 인상 채득을 통해 환자의 구강 구조와 교합 관계를 재현하여 진단 및 치료 과정에 참고할 수는 있지만 매복치 발치의 수술적 치료의 경우에는 인상 채득에 인기된 구조물만으로는 온전히 수술 부위의 재현이 불가능하고, 그 외의 골 (bone) 구조물에 대한 부분을 참고할 자료는 실제 모양이 아닌 영상 이미지가기에 수술 시 수술 부위의 구조물을 마주하는 것이 학생들에게 적지 않은 부담이 되며 이러한 모델 제작을 통해 그런 어려움이 일부 해소된 것으로 생각된다.

뿐만 아니라, 모델이 가지는 특성으로 ‘직관성’에 대한 언급이 많았다. 직관성이란, 판단이나 추리의 과정을 거치지 않고 대상을 직접적으로 파악한다는 의미를 가지고 있다.

응답자 A: 모델에서 모든 것이 바로 딱 보이는 점이 놀라웠다.

응답자 B: 이것만큼 직관적인 건 없을 것 같다고 생각한다.

Table 3. Keywords extracted from the content analysis

Category	Code
환자맞춤형 3D 프린팅 발치 모델	발치 부위의 재현
	수술 참고용
	직관성
	재질 마네킨
환자맞춤형 모의 수술	미리 수술 경험
	CBCT 구체화
	해부학적 구조물
	기구 및 환경
자기주도적 학습	자기효능감
	동기 부여
환자맞춤형 3D 프린팅 모델을 활용한 발치 실습의 교육적 효과	진료 전 학생별 맞춤형 실습
	즉각적인 1:1 피드백 제공
환자맞춤형 3D 프린팅 모델을 활용한 발치 실습의 전반적 만족도 및 개선 사항	전반적 만족도
	시각적 자료의 제공
	모델의 실재감 개선(정교화)
	교육 환경 보완
	추가적인 모의 수술 기회 제공

응답자 D: 사랑니, 위치, 치아 분할 등 보고 싶은 부분이 직관적으로 보이는 것이 좋았다.

응답자 E: 우선, 어떻게 생겼는지 보이면서 시작하니깐 감이 바로 오는 점이 새로웠다.

응답자 F: 치아 축이 직관적으로 보이는 점이 가장 장점이었다고 생각한다.

추상적인 개념이 아니라 바로 눈에 보이는 점이 수술에 대한 자기효능감(self-efficacy)을 조금 더 상승시키는 요인으로 보이며, 이는 가시성과 직관성의 개념이 혼재된 응답으로 생각된다. 즉, 머릿속으로만 상상하는 것이 아니라 구체물로서 눈 앞에 구조물(악골과 매복된 치아)이 보이고, 수술적 접근에 대해 평면 그림이 아닌 3차원 실물상에서 직접 보고 미리 생각해볼 수 있다는 점이 학생들이 수술을 시행한 것에 있어 도움이 되었음을 알 수 있다.

또한, 학생들은 모델의 특징으로 수술 중에도 지속적으로 참고할 수 있다는 점도 언급하였다.

응답자 B: 수술 중에도 계속 보면서 할 수 있다는 점이 크게 강점인 것 같다.

응답자 E: 주변 구조물의 날것 상태를 계속 보고 하니깐 굉장히 도움이 되었다.

응답자 F: 잘 모를 때 옆에 두고 보면서 한 점이 유의했다.

이는 수술 부위의 재현성에서 조금 더 확장된 개념으로서 정적인 상태에서 뿐만 아니라 수술 시 환자의 자세(일반적으로 누운 자세로서 하악골의 위치가 지면에 평행하지 않음), 연조직의 시야 제한 등 동적인 환경 가운데, 모델을 통해 초심자가 기준점을 잃지 않고 길잡이가 되어준다는 의미이다. 실제로 학생들은 수술 발치를 수행 시 모의 수술에서 치아 분할을 한 각도와 첫 번째 분할 부위 제거 후 남은 부위의 상태를 수술 당시 환자의 상황과 비교하며 지도에서 길을 찾듯 방향을 스스로 찾는 모습을 보여주었다.

모델 자체의 아쉬웠던 점에 대해서는 ‘재질’과 ‘마네킨과의 연결’ 두 가지 키워드를 추출할 수 있었다. 재질에 대해서는 다음과 같은 응답이 있었다.

응답자 A: 재질이 치아와 뼈를 깎는 느낌이 아니라 쇠를 깎는 것처럼 힘을 줘야 했다.

응답자 B: 실제 치아보다 더 잘 갈리는 느낌이었다.

응답자 C: 질감을 좀 더 실제와 비슷하게 하면 좋겠다.

응답자 E: 치아는 굉장히 비슷했는데 뼈는 모델이 더 단단했던 것 같다.

응답자 F: 실제보다 모델이 좀 더 잘 갈리는, 무른 느낌이 있었다.

실제 치아보다 무르다고 응답한 학생과 더 단단했다고 응답한 학생들이 혼재되어 이 부분에 대해서는 전문가 집단의 추가적인 검증이 필요할 것으로 생각되나, 응답을 통해 학생들은 공통적으로 형태뿐 아니라 재질에 대해서도 실재감을 기대하는 것으로 판단되었다.

또한, 모델을 장착하는 마네킨 및 모델과 마네킨 두 요소의 연결 부분에 대해서는 아쉬움을 나타내었고 개선 방안에 대한 의견을 제시하기도 하였다.

응답자 A: 모델 뒷부분을 다이아몬드 모양으로 자르면 마네킨에 더 잘 들어갈 것이다.
마네킨 볼이 너무 많이 당겨져서 실제 상황이 더 어려웠다고 생각한다.

응답자 B: 모델에서 하악지 부분은 필요가 없어서, 그 부분을 조금 줄이면 마네킨 안에 더 잘 들어가고 훨씬 더 실재감 있을 것 같고, 마네킨 고정기가 잘 되면 좋겠다.

응답자 C: 마네킨 볼이 너무 잘 들어나는 부분이 차이가 있었다.

응답자 D: 모델 크기를 조절해서 마네킨 안에 더 잘 들어간다면 더욱 좋을 것 같다.

응답자 E: 나사홈 부분에 고정기가 안되어서 어려웠는데 볼에 끼워보니 괜찮았다.

응답자 F: 모델의 하악지가 좀 작으면 더 잘 들어가서 편할 것이라고 생각한다.

이를 통해 학습자들은 모델 자체뿐 아니라 모델을 마네킨에 장착하고 실재감 있게 모의 수술을 하는 것에 대해

높은 요구도를 나타내었으며, 발치 부위의 재현뿐 아니라 3D 출력된 하악골-치아 복합체가 적절한 크기로 다듬어져 마네킨에 견고히 부착되는 것을 기대함을 알 수 있었다.

2. 환자 맞춤형 모의 수술

두 번째 카테고리인 환자 맞춤형 모의 수술 카테고리는 학생들이 3D 프린팅 발치 모델을 사용한 ‘모의 수술 경험’에 대한 응답이다. 긍정적 키워드로서 수술을 미리 경험할 수 있음, CBCT의 구체화, 해부학적 구조물의 재현, 기구 및 환경의 동일성 이렇게 네 가지 항목이 제시되었다. 미리 실제와 같이 수술 경험을 한 것이 도움이 되었다는 부분에 대해서 응답자들은 아래와 같은 반응을 보여주었다.

응답자 A: 수술 발치를 직접 하는 것이 처음이라 미숙하고 무서웠는데 모델에 직접 미리 해보니까 실제로 할 때 덜 헤맬 수 있었다.

응답자 B: 접근을 어떻게 해야 할지, 치아 분할 각도는 어떻게 해야 할지 감 잡는데 너무 좋았다.

응답자 C: 말로만 듣던 자주 하는 실수를 직접 모델에서 보니까 무슨 의미인지 알겠고, 이렇게 안봤으면 나도 똑같이 실수했겠다 싶었다.

응답자 D: 연습한 것과 실제로 수술을 한 것이 각도나 자세 같은 것이 비슷해서 좋았다.

응답자 E: 치아를 어디까지 자르고 버가 어디까지 들어가고 이런 것을 직접 해보니까, 그 자체가 수술을 하는 데 있어 매우 도움이 된다고 생각한다.

응답자 F: 어느 부분을 조심하고 어디는 생각보다 과감해도 되고 그런 부분들을 미리 경험하고 실제 환자에게 수술하니까 도움이 되었다.

모의 수술은 실제 학생이 수술을 진행하는 치과 체어에 마네킨 유닛을 위치시키고 실제 수술을 할 환자의 해부학적 구조가 재현된 모델을 장착하여 이루어지므로, 술자는 자세를 미리 익히고 기구 접근 방향을 파악하고 조작을 해봄으로써 술기에 익숙해질 수 있다. 뿐만 아니라, 술자가 처음 하는 술식을 앞두고 불안과 두려움 겪게 되는데 모의 수술을 통해 이러한 정서적 안정 효과 또한 얻을 수 있었

던 것으로 생각된다.

또한, 학생들은 CBCT 단면 영상을 3차원적으로 구현하여 실물로 보고 비교할 수 있는 것에 대한 긍정적인 반응을 나타내었다.

응답자 A: 영상에서 보이는 것을 머리로만 구현해내기에는 두리몽실하게 되는데, 모델은 바로 눈에 보이니까 ‘아 이렇게 생긴 부분이 이 단면에는 이렇게 보이네.’ 싶었다.

응답자 B: CBCT만 보면 아직 판독력이 부족해서 그런 것 같기는 한데, 사실 삼차원이 아니라 모두 단면으로 보이니까 실재는 어떤지 감이 안 왔었다.

응답자 C: 엑스레이에서만 이렇게 접근하고 이렇게 자르고 알려주셔도 그게 막상 입체적으로 보이면 좀 많이 다른데 직접 보이는 점이 파악에 굉장히 유익했다.

응답자 D: CBCT도 3차원 각각 평면으로 보는 것과 이렇게 사물로 보는 것이 저희와 같은 초심자에게는 무척 다릅니다.

응답자 E: 실제 모양이 제 생각이랑 전혀 달라서 놀라웠습니다.

응답자 F: 엑스레이랑 CBCT만 보면 막연했는데 손으로 만져보고 돌려보고 진짜 3차원적으로 보니까 생각한 거랑 어떤 부분은 달랐다.

CBCT 영상의 경우 원뿔 모양의 빔의 X선을 조사하여 피사체의 투과 감쇠를 2차원 평면으로 검출하고 이로부터 여러 방향의 단면상을 얻어 영상화하는 기법이다. 각 단면의 영상을 조합하여 머릿속으로 3차원 피사체를 재구성하는 것보다 손으로 만져보고 돌려볼 수 있는 구체물로 영상을 재현함으로써 ‘막연함’이 ‘눈에 보이는 확실함’으로 전환될 수 있었음을 알 수 있었다.

또한, 학생들은 수술 부위의 해부학적 구조물을 모델을 통해 미리 눈으로 확인한 점이 응답자들에게 큰 장점이라는 반응을 보여주었다.

응답자 A: 해부학적 구조를 사실 잘 모르고 하는 경우가 많아서, 미리 주변 구조를 알고 한다는 점이

술자에게도 환자에게도 도움이 되는 실습이었다.

응답자 C: 실제로 기구로 힘주는 위치, 자를 때 조심할 부분들이 보여서 좋았다.

응답자 D: 기구가 조작되어야 할 부분의 구조를 미리 알아둘 수 있고, 환자가 누워있으면 더 모르겠는 부분이 있는데 모델을 보니까 각도가 바뀌어도 도움이 되었다.

응답자 E: 일단 위치 관계를 알 수 있다는 점이 너무 좋았고, 여기는 안전하겠다 여기는 생각보다 위험해 보이네 이런 것을 해보는 것이 제일 좋은 점이라고 생각한다.

응답자 F: 치아가 협설측으로 어디로 위치되어 있는지 보이고, 설측 뼈가 얇아서 놀랐다.

학생들이 수술을 어렵다고 느끼는 경우의 상당 부분이 구조물에 대한 지식의 부족과 접근 방법에 대한 고민인 것으로 생각된다. 특히, 실제 수술 부위 구강 내부는 치은으로 덮여있고 박리가 되지 않은 부분은 투시를 하여 직접 시각적으로 확인을 할 수 없으므로 해당 부분을 미리 모델에서 파악을 하고 수술에 임했을 때, 보다 더 안전한 수술을 했다고 느끼고 있었다. 뿐만 아니라, 기구가 적용되어야 하는 정확한 위치 또한 수술 시 처음 파악하는 것보다 모의 수술을 통해 미리 적용을 해봄으로써 술기의 능숙도를 도모할 수 있다.

마지막으로, 기구 및 환경에 대한 카테고리에서도 학습자 관점에서 모의 수술의 장점이 무엇인지 파악을 할 수 있었다.

응답자 B: 실습이 1:1이었던 것과 실습과 실제 기구가 같은 점이 가장 큰 장점이다.

응답자 D: 진짜 진료실에서 연습하고 하니까 익숙하고, 기구도 연습했던 것을 사용하니 떨리다가 좀 차분해지는 느낌이 들었다.

응답자 E: 기구 세팅 등을 미리 해본 점이, 환자 앞에서 털 떨리게 해주어서 좋았다.

응답자 F: 실습을 받치 기구를 그대로 하는 것이 제일 좋은 점이었던 것 같다.

도구가 실습과 실제가 완전 1대 1 대응이라는 것이 정말 좋았다.

학생들은 실제 수술에 사용할 기구를 미리 조작해 본 것에 큰 만족도를 보였다. 익숙하지 않은 술식의 진행에 있어 술자를 어렵게 하는 여러 가지 요소 중 기구 사용의 미숙함이 상당히 큰 부분을 차지함을 시사하며, 모의 수술을 진행할 때 같은 기구를 사용하는 것이 최대의 효과를 유도할 것이라 생각된다.

3. 자기주도적 학습

세 번째 카테고리는 학생들의 응답 중 본 실습을 통해 획득한 ‘자기주도적 학습 효과’이며 자기효능감(self-efficacy)과 동기 부여로 키워드를 추출할 수 있었다. 지식의 전달과 술기의 향상뿐 아니라, 학생이 스스로 술식에 대한 추가적인 학습에 흥미를 느끼게 되고 자기효능감(self-efficacy)이 향상되는 효과를 보여주는 응답은 다음과 같다.

응답자 A: 실습을 하고 나니 피관 박리부터 전체 과정을 미리 한번 생각하고 오게 되고, 조금은 더 정리가 되고 잘할 수 있을 것 같은 생각이 들었다.

응답자 B: 혼자 이리저리 모델을 둘러보고 잘라보고 하니까 나중에는 여유가 생겼다. 처음에 할 때는 옆에서 교수님께서 조언해 주셔야 해매지 않고 제대로 실습이 가능했는데, 이제는 여러 번 해보니까 혼자 할 수도 있을 것 같다.

응답자 C: 이제는 자신만의 술식 루틴을 만들 수 있을 것 같다는 생각이 들었다.

응답자 D: 하나하나 너무 많이 교수님께 여쭙보게 되면 실제 환자한테는 혼자 못할 것 같아서 다음 번에는 혼자 많이 공부해서 해봐야 할 것이라고 생각한다.

응답자 E: 마취도 생각보다 잘 안되어서, 미리 해보면 좀 더 자신 있게 할 것 같다.

응답자 F: 혼자 연습해보고 하는 과정에 많이 배운 것 같다. 모델이 하나 더 있으면 몇 번 더 해보면 더 잘할 수 있을 것 같다.

3D 프린팅 모델을 이용한 환자맞춤형 발치 실습을 진행한 후, 술식의 전체 과정에 대해 마인드 트레이닝을 하게 되고, 자신만의 술식 순서를 짜고, 스스로 반복적인 복습의 결과 술식에 대한 자기효능감(self-efficacy)이 상승되는 효과로 연결되었음을 알 수 있다.

뿐만 아니라, 학생들은 흥미, 호기심 및 성취감을 통해 학습에 대한 내적 동기가 상승된 반응을 보여주었다.

응답자 A: 실습을 하고 나서 이후에 다시 여쭙보고 나니 고쳐서 더 해보고 싶어졌다.

응답자 B: 모델을 가지고 여러 선생님께 질문하고, 선배 들한테도 물어보게 되었다. 원진실에서 배운 것을 평생 할 것이므로 분류별 표를 만들어볼 예정이다.

응답자 C: 모델을 여러 개 주면 더 좋을 것 같다. 연습도 중요한데 실습을 하고 실제로 해보고 나니까 한번 그후에 또 해보면 더 좋겠다는 생각이 든다.

응답자 D: 한번이라도 해보고 나면 그다음에 다른 증례로 다시 하고 싶고 환자도 해보고 싶고 그런 점이 있었던 것 같다.

응답자 E: 이번에는 처음이라 치아 분할 연습에 치중했던 것 같고 치근까지 쪼개서 발치하는 것도 더 해보고 싶다. 증례 또 있어서 한번 더 해볼 수 있으면 좋겠다. 한번 해보고 지도 교수님께서 알려주신 대로 한번 더 해보거나 수술 하고 나서 한번 더 해보면 정말 도움될 것 같고, 지금도 더 하고 싶다.

응답자 F: 미리 더 해볼걸 싶었어서 다음에 또 해서 더 잘해보고 싶다.

자기효능감(self-efficacy)이 상승됨으로써 학생들이 학습에 흥미를 느끼고, 스스로 더 하고 싶다고 느끼는 내적 동기가 상승되었음을 확인할 수 있었으며, 대부분의 학생들이 동일 증례 혹은 추가적인 증례로 실습을 더 해보고, 교수자의 되먹임(feedback)을 반영하여 추가적인 학습에 대한 의지를 보여주었다. 이는, 3D 모델을 활용한 발치 실습이 지식과 술기의 향상뿐 아니라 강력한 내적 동기 유발을 했음을 시사한다.

4. 환자맞춤형 3D 프린팅 모델을 활용한 발치 실습의 교육적 효과

본 카테고리는 모델을 이용한 모의 수술 경험과 그로 인한 자기주도성의 증가 모두를 아우르는 범위로서, 본 실습에서 학습자는 어떠한 교육적 효과를 느꼈는지에 대한 응답을 제시하도록 하였다. 세부 항목으로 ‘진료 전 학생별 맞춤형 실습’ 및 ‘즉각적인 1:1 되먹임(feedback) 제공’으로 분류하였다.

진료 전 학생별 맞춤형 실습은, 본 실습이 시기적으로 수술 전에 이루어졌고 학생 개별 실습이었다는 점에 대한 응답으로 분류하였다.

응답자 A: 확실히 할 때도 보이니까 좋았고 이 실습이 정말 많이 도움이 되었다.

응답자 B: 실습이 엄청 도움이 되었다, 실습을 안해봤다면, 시간이 2배 정도 걸리거나 끝까지 못했을 것 같다. 수술을 바로 환자 앞에서 했으면 여쭙보지도 못하고 큰일이었겠다 하는 부분들이 해소되었다.

응답자 C: 모델이 있어서 미리 한번 해보고 실제로 해보는 것이 도움이 되었다. 안했으면 못했을 것 같다.

응답자 E 안했으면 정말 큰일났겠다 싶은 생각이 든다. 해보는 것과 그냥 하는 것과는 완전히 다른 것 같다.

응답자 F: 실습하고 하니깐 조금은 덜 헤맨 것 같다.

학생들은 수술을 하기 전에 모의 수술을 시행함으로써 시행 착오를 줄일 수 있었다고 응답하였다. 대부분의 경우 실습을 하지 않았다면 수술을 진행하는 것에 큰 어려움을 겪었을 것이라는 의견을 보여주었다.

즉각적인 되먹임(feedback) 제공 측면에서는 교수자와 지속적인 커뮤니케이션이 가능하고 개별 실습을 진행한 점이 큰 장점으로 부각하였음을 알 수 있었다.

응답자 A: 교수님과 커뮤니케이션을 하면서 하고 있으니깐 그 점이 유익했다.

응답자 B: 제일 좋았던 부분은 교수님과 1:1로 해서 여쭙보고 고치고 하는 부분이었다.

응답자 D: 실습하기 전에 미리 교수님께 여쭙보고, 실습을 직접 해보고, 중간에 또 여쭙보고 한 점이 좋았다.

응답자 E: 먼저 교수님께서 알려주시고 해보고 중간에 계속 물어볼 수 있는 점과 끝나고 바로 뭐가 문제인지 비교해 볼 수 있는 점에서 많은 부분을 배울 수 있었다.

교수자가 실습을 지도하며 실습 전, 중, 후로 학생이 필요로 할 때 즉각적인 1:1 피드백(feedback)이 가능한 점은 본 실습이 전통적인 강의 방법과 비교하여 가장 큰 장점을 가진 ‘개별화 학습’이었음을 시사한다. 실습 전에는 모델과 영상 이미지를 비교하며 단면의 영상들을 통해 얻을 수 있는 정보들을 사물에서 직접 보여주며 해부학적 구조물이나 영상에 대한 판독 시야를 넓혀줄 수 있고, 실습 중에는 수술 자세와 기구 접근, 골삭제 및 치아 분할의 방향 설정 등을 알려주었으며, 실습 후에는 실제 결과물을 마네킨에서 분리하여 학생이 수행한 수술을 모의 평가하며 피드백(feedback)을 부여할 수 있다. 또한, 수술을 마친 후에도 수술 시 스스로의 미흡한 점을 모델상에서 교수자와 논의하며 그 과정을 통해 학생은 이해도를 높이고 다음 단계 학습에 대한 동기 부여가 이루어질 수 있었다. 예를 들어, 응답자 B의 경우 수술이 끝난 후 “모의 수술에 비해 골삭제를 넓게 하게 되었고, 기구의 깊이가 너무 한 방향으로만 깊게 들어간 것 같았다.”라고 하며 모델에 다시 한번 복습의 과정으로 수술 후 추가적인 모의 수술을 해보는 모습을 보여주기도 하였다.

5. 환자맞춤형 3D 프린팅 모델을 활용한 발치 실습의 전반적 만족도 및 개선 사항

마지막 카테고리는 모델 자체, 모의 수술 경험, 교육적 효과 등을 종합하여 실습에 대한 전반적인 만족도와 개선 및 보완 사항에 대한 응답으로 구성하였다. 전반적 만족도에 대한 학생들의 응답을 살펴보면,

응답자 A: 확실히 보이니까 좋고, 많이 도움이 되었다.

응답자 B: 해보니까 전반적으로 좋았고, 정말 큰 도움이 되었다.

응답자 C: 3D 프린팅 실습은 너무 좋은 아이디어인 것 같다.

응답자 D: 이런 실습이 실질적으로 가장 도움이 된다고 생각한다.

응답자 E: 이 실습은 진짜 해봐야 하고 해볼 수 있어서 정말 감사하다.

응답자 F: 정말 많이 도움이 되었다.

학습자가 스스로 느끼는 학습의 효과와 편의성을 종합하여 전체적인 실습 만족도의 수준은 매우 높은 것으로 나타났다. 새로운 방식의 실습 도입이라는 점뿐만 아니라 실질적으로 학생에게 도움이 되고, 강력한 동기 유발을 경험한 결과라고 생각된다.

이러한 전반적인 만족도의 수준이 높음에도 불구하고, 학습자들은 향후 실습을 위해 개선 및 보완할 점에 대해서도 의견을 제시하였다. 가장 많이 언급한 내용은 실습 이전에 추가적인 시각적 자료의 제공이었다. 이에 대한 학생들의 언급을 보면, 다음과 같이 정리할 수 있었다.

응답자 A: 술기에 대해 시각화를 해서 볼 수 있는 자료를 같이 보면 더 좋을 것 같다. 피피티 같은 것에 절개 같은 부분을 따로 만들어두면 더 유익할 것이다.

응답자 B: 치아가 향하고 있는 방향, 매복 깊이, 경사의 방향 등 상황이 다 다른데 그런 분류에 따른 각각의 접근방법을 시각화한 자료가 있으면 좋겠다.

응답자 C: 추가적으로 해부학적으로 조심해야 할 구조물과 같은 자료를 보여주면서 모델을 보면 더 도움이 될 것 같다. 처음 하는 입장에서는 내가 혹시나 신경을 건드리지는 않을까, 위험한 부분에 들어가지는 않을까 걱정이 많이 되고 그런 것을 피하는 것을 배우고 싶다.

응답자 E: 절개와 박리 부분은 자료가 있으면 더 좋을 것 같다.

응답자 F: 매복 양상에 따라서 ostectomy, odontomy 하는 자료가 있으면 좋을 것 같다.

학생들이 요구하는 추가적인 자료는 크게 두 가지 종류였는데 본 모델에 재현이 되지 않는 연조직부 접근에 대한 자료와 매복의 양상에 따른 접근 방법으로 요약할 수 있다.

또한, 모델을 더욱 실제와 같이 제작하여 실재감을 증가하면 좋겠다는 의견을 보여주었는데, 응답은 다음과 같다.

응답자 A: 치주인대, 치은 부분이 구현되면 더 좋겠다. 사실 ditching도 더 잘 해볼 수 있게 공간을 좀 주면 좋을 것 같다.

응답자 B: 사랑니 치근 재현을 잘 해주면 좀 더 좋겠다. 7번과 8번 사이는 아주 정밀하게 나와서 분리 되게 하면 좋겠다.

응답자 D: 치아와 골 사이가, 경계가 잘 보이면 좋겠다.

응답자 E: 재질이 더욱 비슷하면 좋을 것 같고, 치수강 뚫을 때 느낌이 재현되면 좋겠다.

응답자 F: 뿌리 재현 잘 되면 좋을 것 같고, 앞에 치아와 사이가 더 잘 나오면 좋겠다.

본 실습을 통해 일차적인 모의 수술의 목표는 달성을 하였지만 더욱 실재감 있는 실습을 위해 재질의 개선 및 연조직 부분의 재현이 필요하고, 그뿐 아니라 모델을 더 정교하게 제작하여 인접치, 골과 치아의 관계 및 치아의 해부학적 형태 완벽 재현이라는 요구가 포함되는 것으로 나타났다.

교수자에게 바라는 요구 사항으로 학생들은 추가적인 실습 기회의 제공을 언급하였는데, 다른 기구를 사용하여 같은 술 발치 자체뿐 아니라 마취까지 동시에 해보는 등 적극적으로 아이디어를 개선하기도 했다.

응답자 A: 같은 것을 한번 더 해보고 싶다. 마취도 모델에 먼저 해보면 좋을 것 같다.

응답자 B: 다른 기구로도 해보면 좋겠다. 하악 뒤까지 나와서 마취도 해보면 좋겠다.

응답자 C: 매 case마다 하면 제일 좋은데 매번 작업하기 힘들니까 유형별로 미리 모델을 많이 만들어 두고 반복적으로 사용하는 것도 학생들에게는 도움이 될 것이다.

응답자 D: 모델을 여러 개 제작해주면 좋겠다.

응답자 E: 마취도 생각보다 잘 안되서 미리 해보면 좋을 것 같다.

응답자 F: 재료 또 다른 것으로 한번 해보면 도움이 될 것 같다.

특히, 모델을 활용한 ‘마취 실습’이라는 부분까지 학생들의 요구도가 확장된 점도 주목할만하며, 이는 내적 동기 유발 항목과도 연결되는 부분이라고도 볼 수 있었다.

또한, 일부 학생들은 교육 환경 개선에 대한 의견을 제시하기도 하였는데, 아래 정리된 바와 같이 알람이 필요하다고 응답하였다.

응답자 B: 제일 있었으면 좋겠다고 생각한 것은 알람이었다.

응답자 F: 연습할 때도 그렇게 수술할 때도 알람이 있으면 좋겠다.

이는, 연습 또한 실제와 같이 시행하기 위한 요구가 반영된 결과이다.

학생들이 작성한 성찰 보고서의 내용 분석 결과, 환자맞춤형 3D 프린팅 모델을 활용한 매복 사랑니 발치 실습의 효과는 학생들의 지식과 술기 함양의 효과뿐만 아니라 자기주도적 학습 능력의 향상까지 포함하는 것으로 나타났다. 되먹임(feedback)에 있어서도 실습 전, 중, 후의 즉각적인 되먹임(feedback)뿐 아니라 수술 후에도 실습을 바탕으로 보다 심도 깊은 질문을 하였으며 교수자는 수술에 대한 되먹임(feedback)도 모델상에서 시행함으로써 학습자에게 보다 정확히 전달되는 효과를 나타냈다. 이로써, 학생의 자기효능감(self-efficacy) 향상뿐 아니라 실제적인 역량 향상까지 일거양득의 효과를 얻을 수 있었던 것으로 생각된다.

결론 및 제언

본 연구에서 분석한 학생들의 성찰 보고서는 실습 및 수술을 진행한 후 학생이 스스로의 준비 상태(attitude)와 지식의 정도(knowledge), 수행 결과(performance)에 대해 되돌아보고 객관적인 자가 평가와 함께 느꼈던 점, 좋았던 점, 개선할 점 등에 대해 기술한 결과물이다. 이와 같은

‘성찰 보고서(reflective writing)’는 학생들의 비판적 사고를 함양하는 교육 방법 중 하나로, 치의학 분야에서도 점차 주목받아 적용되고 있는 교육 방법 중 하나이다¹⁷. 성찰(reflection)이란, ‘자기 스스로와 상황에 대한 깊이 있는 이해를 목적으로 상황의 전, 중, 후에 발생하는 메타인지적 과정’으로 정의되며¹⁸, 이러한 성찰 능력은 미래의 보건 의료 전문가로서 치과대학생들이 갖추어야 할 중요한 역량 중 하나이다. 또한 자기 성찰은 학습자의 학습 경험을 향상시키는 매우 효과적인 방법이다. 학습자들에게 ‘무엇’을 배워야 하는지 뿐 아니라 ‘어떻게’ 배우고, 학습 결과를 향상시키기 위해 무엇을 할 수 있는지 ‘스스로’ 깨닫는 데 중요한 역할을 한다¹⁹. 따라서, 본 실습에 있어 교수자는 환자맞춤형 3D 모델을 활용한 수술 발치 실습과 직접 진료 경험 후 학생이 성찰 과정을 통해 술식에 대한 심도 깊은 이해를 할 수 있도록 하였다.

이러한 성찰 보고서의 내용 분석을 통해, 3D 프린팅 모델을 활용한 매복 사랑니 발치 실습이 학생의 술기 능력 향상뿐 아니라 자기주도적 학습에 대한 동기 부여에 기여함을 알 수 있었다. 이는 학생의 실습 전 준비(forethought), 실습 중 수행(performance), 실습 후 자기 성찰(self-reflection)의 순환 주기가 조합되어 나타난 자기조절(self-regulation)적 학습 과정의 결과라 볼 수 있다^{20,21}. 본 연구는 교육 도구 개발 단계에서 수행된 예비 연구로, 향후 보다 완성도 높은 모델을 이용한 추가적인 연구가 필요할 것이나, 이번 연구를 통해 3D 프린팅 기술을 사용하여 발치를 포함한 구강악안면 영역의 모의 수술 교육의 질을 향상시킬 수 있고, 학습자의 의견 청취를 통해 술기 능력뿐 아니라 학생들에게 동기 부여를 할 수 있다는 교육적 가치를 확인한 점에서 의의가 매우 크다고 할 수 있다.

개별 모델을 이용한 모의 수술은 그동안 심장 수술, 신경계 수술, 치과 분야에서는 악안면 기형 수술 등 비교적 고위험 술식의 훈련을 위해서는 이용되었으나 시간과 비용의 문제로 일반적인 수술적 치료의 영역에서 보편적으로 사용되지는 않았다. 하지만, 3D 프린터의 보편화로 인해 환자 개별 모델을 제작하는 것이 용이해졌고, 이를 직접적으로 의료 현장에서 사용하는 방법과 함께 교육용으로도 활용할 수 있게 되었다²². 여전히, 모델 제작의 비용과 시간의 문제는 해결해야 할 과제로 남아있지만 첫 수술 발치를 앞둔 치과대학생에게는 그러한 투자 비용보다 실습을 통해 얻는 이득이 더 클 것이라 생각된다.

본 연구를 통해 파악한 3D 프린팅 모델을 활용한 발치 실습 과정에 대한 학습자들의 요구도는 매우 높은 수준이

었다. 가령, 수술 부위를 재현한 모델 자체뿐만 아니라 모델을 실제 수술과 같이 마네킨의 구강 내에 장착하고, 실제 수술 환경과 같은 상황에서, 치아와 골, 치아 주변의 연조직의 질감이 재현되기를 원하였고 이를 통해 학습자들이 실습에 있어 ‘실재감’을 중요시함을 파악할 수 있었다. 이는, 3D 프린팅을 활용한 다른 연구에서도 3D 프린팅 교육 모델의 한계로 제시되었던 부분으로²³, 향후 다른 방식의 프린팅을 이용한 모델 제작과 프린팅 후 실리콘 접착제를 도포하여 치은을 형성하는 등 다양한 방식으로 보완을 해야 할 것이다.

고무적이었던 사실은, 모의 수술 후 실제 수술을 하는 과정 이후에 교수자의 현장 되먹임(feedback)이 교정 효과가 높았고, 수술은 종료되었지만 학생 수준에 있는 모델에서 되먹임(feedback)을 적용해 보며 복습을 하는 효과를 가질 수 있었다는 것이다. 이를 통해, 학습자는 수술 시 자신이 부족했던 점이나 어려웠던 점을 돌아보며 보다 구체적인 질문을 하기도 하였다. 따라서, 교수자의 일방적인 지도가 아니라 ‘상호작용 중심의 교육’이 이루어질 수 있다. 또한, 개선점에 대한 즉각적인 되먹임(feedback)을 통해 학습자들은 대부분 다음에 다시 하고 싶거나 되먹임(feedback)을 반영하여 수술 시 부족했던 점을 다시 모델에서 재수행해 보고 싶다고 하는 등 도전적인 반응을 보여주었다. 이를 통해, 단회성의 교육이 아닌 보다 ‘지속성이 높은’ 교육이 이루어진다고 생각된다.

본 실습의 경험을 통해 환자맞춤형 3D 프린팅 모델을 활용한 발치 실습이 학생들의 지식과 술기 능력 향상뿐 아니라 자기효능감(self-efficacy)의 향상과 자기주도성과 내적 동기의 향상에 긍정적인 영향을 주며, 수술 후 성찰 보고서를 작성함으로써 그러한 효과를 더욱 공고히 할 수 있음을 학습자의 응답을 통해 확인할 수 있었다. 그러나, 단순히 환자맞춤형 모델을 제공하는 것만으로는 이러한 효과를 얻기는 어려우며, 분명한 실습 목표를 갖도록 사전 준비로서 모델을 제공한 후 학생에게 탐색의 시간을 부여하며, 실습 중 교수자의 즉각적인 되먹임(feedback), 실습 후 자기 성찰 과정이 모두 포함되어야 보다 지속성 있는 교육 효과를 얻을 수 있을 것이다.

사 사

본 논문은 2020학년도 연세대학교 치과대학 교육과제 연구비 수혜로 작성되었음(과제번호: 6-2020-0016).

참 고 문 헌

1. Ali K, McCarthy A, Robbins J, Heffernan E, Coombes L. Management of impacted wisdom teeth: teaching of undergraduate students in UK dental schools. *Eur J Dent Educ* 2014;18:135-41.
2. 한국치의학교육평가원. 2017 치과대학·치의학전문대학원 치의학교육 인증기준. <http://www.kidee.org/page/RuleNStandard.php>. Published 2017. Accessed 26th, Jan, 2022.
3. Chambers DW, Gerrow JD. Manual for developing and formatting competency statements. *J Dent Educ* 1994;58:361-6.
4. Albino JE, Young SK, Neumann LM, Kramer GA, Andrieu SC, Henson L, et al. Assessing dental students' competence: best practice recommendations in the performance assessment literature and investigation of current practices in predoctoral dental education. *J Dent Educ* 2008;72:1405-35.
5. Ali K, Qazi HS, Siddiqi K, Glanville R. Assessment of undergraduate students in tooth extraction competence- A cohort study. *Eur J Dent Educ* 2021;25:607-13.
6. Brand HS, van der Cammen CCJ, Roorda SME, Baart JA. Tooth extraction education at dental schools across Europe. *BDJ Open* 2015;1:15002.
7. Durham JA, Moore UJ, Corbett IP, Thomson PJ. Assessing competency in dentoalveolar surgery: a 3-year study of cumulative experience in the undergraduate curriculum. *Eur J Dent Educ* 2007;11:200-7.
8. Honey J, Lynch CD, Burke FM, Gilmour AS. Ready for practice? A study of confidence levels of final year dental students at Cardiff University and University College Cork. *Eur J Dent Educ* 2011;15:98-103.
9. Macluskey M, Durham J, Bell A, Cowpe J, Crean St J, Dargue A, et al. A national survey of UK final year students' opinion of undergraduate oral surgery teaching. *Eur J Dent Educ* 2012;16:e205-12.
10. Macluskey M, Shepherd S, Carter E, Bulsara Y, Durham JA, Bell A, et al. A national follow-up survey of UK graduates opinion of undergraduate oral surgery teaching. *Eur J Dent Educ* 2016;20:174-9.
11. Kamal M, Abdulwahab M. Self-confidence in oral and maxillo-facial surgery: a cross-sectional study of undergraduate dental students at Kuwait University. *BMC Med Educ* 2021;21:198.
12. Sutherland LM, Middleton PF, Anthony A, Hamdorf J, Cregan P, Scott D, et al. Surgical simulation: a systematic review. *Ann Surg* 2006;243:291-300.
13. Lioufas PA, Quayle MR, Leong JC, McMenamin PG. 3D printed models of cleft palate pathology for surgical education. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 2016;4:e1029.
14. Issenberg SB, McGaghie WC, Hart IR, Mayer JW, Felner JM, Petrusa ER, et al. Simulation technology for health care professional skills training and assessment. *Jama* 1999;282:861-6.
15. Mehrotra D, Markus AF. Emerging simulation technologies in global craniofacial surgical training. *J Oral Biol Craniofac Res* 2021;11:486-99.
16. Lew MD, Schmidt HG. Self-reflection and academic performance: is there a relationship? *Adv Health Sci Educ Theory Pract* 2011;16:529-45.
17. Woltd JL, Nenad MW. Reflective writing in dental education to improve critical thinking and learning: a systematic review. *J Dent Educ* 2021;85:778-85.
18. Gostelow N, Gishen F. Enabling honest reflection: a review. *Clin Teach* 2017;14:390-6.
19. Lew DNM, Schmidt HG. Writing to learn: can reflection journals be used to promote self-reflection and learning? *HERD* 2011;30:519-32.
20. Sandars J, Cleary TJ. Self-regulation theory: applications to medical education: AMEE Guide No. 58. *Med Teach* 2011;33:875-86.
21. Nicol DJ, Macfarlane-Dick D. Formative assessment and self-regulated learning: a model and seven principles of good feedback practice. *Stud High Educ* 2006;31:199-218.
22. Nicot R, Druelle C, Schlund M, Roland-Billecart T, Gwénaél R, Ferri J, et al. Use of 3D printed models in student education of craniofacial traumas. *Dent Traumatol* 2019;35:296-9.
23. Kröger E, Dekiff M, Dirksen D. 3D printed simulation models based on real patient situations for hands-on practice. *Eur J Dent Educ* 2017;21:e119-25.