

I. 서론

치의학교육의 중요한 목표 중 하나는 임상수행 능력을 배양하는 것이다. 이를 위해 ‘강의-임상진단계실습-환자대상 임상수행’의 단계적 학습방법을 통해 임상실습 교육이 이루어지고 있다. 특히 환자 대상 임상수행 단계에서는 보통 환자의 장단기 임상증례를 관찰하거나 보조하면서 일부 간단한 직접 시술 등이 이루어진다. 그러나 대부분의 치과대학에서 시설과 인력부족, 실습환자부족 등으로 학생들에게 임상시술 기회를 제공하지 못하는 실정이다[1]. 그로인해 임상 실습에 필요한 환자는 학생들의 개인적인 친구나 친인척을 환자로 데려오는 실정이며[2], 실제 과거에 비해 원내생 진료센터의 환자가 줄어들고 졸업생의 환자 대상 임상수행 진료량이 줄어든 것으로 보고되고 있다[3]. 이러한 임상실습 장면의 한계로 인한 학생들의 임상수행 경험의 부족함을 극복하기 위해서는 실제 임상장면을 간접적으로 경험할 수 있도록 시스템을 구축하는 것이 하나의 대안으로 여겨질 수 있을 것이다.

최근 컴퓨터 기술의 발달로 치의학 교육 분야에서도 3D와 가상현실(Virtual Reality) 기술을 적용하여 학습 및 실습지원 시스템 및 콘텐츠를 개발하는 연구들이 이루어지고 있다[4-7]. 이러한 연구들은 비용과 시간 및 장소에 구애받지 않고 실제와 유사한 가상현실 공간을 구축하여 학습자의 필요에 따라 학습을 할 수 있도록 지원을 해주고 있다. 이러한 필요성에 따라 국·내외에서 치의학 교육 및 임상장면에서 3D모델링과 가상현실과 같은 최신 기술을 적용한 시스템을 구축하거나 교육용 콘텐츠를 제작하는 연구들이 이루어져 왔다. 즉, 국외 연구로는 가상환경에서 치과치료 절차를 실습할 수 있도록 햅틱 장치를 활용한 치과교육시스템 개발 연구 및 타당도 검증연구들이 이루어졌다[6][7]. 국내연구로는 문성용, 최봉두, 문영래[4]는 치과 임플란트 수술 술기를 배울 수 있는 가상현실을 활용한 수술모델을 개발하였으며, 박형욱, 김명수, 박형준[5]은 치아 임플란트 시술 시뮬레이션을 위한 3D 가상환경을 구축하였다. 또한, 박종태, 박사범, 이정은[8]은 치아카빙 단계에 대한 3D 모델링 정보를 제공하는 튜토리얼 방식의 모바일

실습지원도구를 개발하였다. 그러나 치의학 분야의 다양한 실습장면을 고려하였을 때 이러한 연구들만으로 다양한 사례를 구축했다고 보기 힘들며, 여전히 치의학 교육의 다양한 장면에서 임상실습 지원이 가능한 콘텐츠에 대한 필요성이 있어 보인다.

치과 의사 국가시험은 과정평가와 결과평가 총 22개 세부평가항목으로 이루어져있으며 이 중 ‘외과치료’의 한 항목으로 ‘단순발치’가 포함된다. 그러나 단순발치 실습은 병원관찰 실습 또는 환자에게 직접 시행되는 경우가 아니면 현실적으로 구현이 어려움이 따르므로 실습의 능동성 및 효율성이 낮은 항목이라고 할 수 있다[9]. 예컨대, D대학은 ‘구강악안면형외과학 실습’, ‘임상구강악안면외과학 실습1, 2, 3’ 교과목을 통해 구강악안면외과적 술기를 비롯한 기본적인 의학적 술기에 대한 이론적 지식을 배우고 실제 환자를 보면서 관찰하는 단계, 진료실에서 실제 환자를 접하면서 진단 및 치료 과정을 다루는 과정으로 이루어져있다[9].

그러나 이러한 임상실습은 학습자와 교육장면에 다음과 같은 문제점을 지니게 된다. 첫째, 학습자는 실제 수술 진행과정을 수동적으로 관찰하는 것에 그치는 경우가 대부분이며 능동적으로 참여하여 직접적인 술기를 습득하는데 한계점을 갖는다. 이러한 실습환경은 전반적인 치아발치 과정에 대한 경험을 할 수 없으며 일부 간단한 직접시술을 접해볼 수 있는 한정된 실습기회를 갖게 된다. 둘째, 임상실습 환경에 있어 학습자는 시공간, 물리적 제약을 겪게 되며 환자의 안전에 대한 의식 증가 및 윤리적 문제 등이 대두되면서 임상실습의 기회도 충분히 제공되지 못하고 있다. 따라서 시간과 공간의 제약 없이 학습자의 요구에 따라 치아발치 과정 중 특정단계를 선택하고 이와 관련한 학습 및 실습을 할 수 있는 교육환경을 제공해주는 것이 필요하다. 이러한 학습환경은 학습자의 요구를 반영하여 학습내용의 선택이 가능하게 하며 학습자 스스로 학습계획을 수립하고 달성하는데 도움을 줄 수 있다[10].

따라서 본 연구의 목적은 치의학 학생들의 치아 발치 수술과정을 이해하고 임상수행 능력을 향상시키기 위하여 가상현실 기술을 적용한 치아발치 실습용 콘텐츠를 개발하는 것이다.

II. 이론적 배경

1. 가상현실

가상현실(VR: Virtual Reality)은 실제 환경을 유사하게 제작한 컴퓨터 모델 속에서 시각, 청각, 촉각 같은 감각들을 이용하여 그 안에서 정의된 세계를 경험하고 정보와 의사소통하는 것이라 하였다[11]. 가상현실에 관한 초기 연구들은 대부분 새로운 기술의 적용을 중심으로 이루어져 왔으며 이에 적용에 있어 미디어, 의료분야, 군사, 교육장면 등에서 적용가능성을 탐색하는 연구들이 대부분이었다[4][11-13][15].

교육장면에서 가상현실 기술은 교육콘텐츠를 개발하는데 활용되었으며 동영상을 기반으로 지식을 전달하는 온라인교육에서 경험위주의 가상현실 교육은 좀 더 생생한 경험을 전달할 수 있는 효과적인 기술로 대두되고 있으며 이에 관련한 기술은 이미 산업업으로 자리잡아가고 있다[16]. 가상현실 기술을 적용한 교육콘텐츠들이 개발됨에 따라 이러한 교수-학습매체가 학습자의 흥미, 성취, 몰입 등에 어떠한 영향을 미치는지를 검증하는 연구들도 함께 수행되어져 왔다.

선행연구들은 가상현실 기반 교육콘텐츠가 학습자의 동기과 집중력 향상, 학습정서 변화 등의 관점에서의 학습효과를 분석하고 즉각적인 상호작용과 학습몰입감 등의 학업성취도를 향상시키는 긍정적인 효과가 있다고 주장한다[10][13][14][17][18]. Antonietti와 Cantoia [15]는 전통적인 학습방법과 몰입형 가상현실 이용한 학습효과를 비교하는 실험을 통해 가상현실 수업을 받은 학생이 상대적으로 메타적 관점을 형성한다고 보고 하였다. Gibson[19]는 가상현실이 단지 시각화를 시켜주는 매체가 아닌 학습자가 환경내에서 새로운 것을 창조하고 관찰하고 서로간의 관계를 이해하는 능동적이고 통합된 인식을 제공한다고 하였다. 그러나 학습자의 특성에 따라 가상현실 기술을 적용한 교육콘텐츠의 경우 교육적 효과가 달라질 수 있다는 연구결과도 존재한다[20].

이와 같이 가상현실 기술을 적용한 교육콘텐츠는 대부분 학습자의 만족도, 동기유발 등과 같은 부분에서 긍정적인 영향을 미친다고 보고하고 있으나[10][13]. 상

대적으로 임상실습 장면에 활용이 가능한 교육콘텐츠 개발의 필요성은 여전히 필요한 실정이다. 따라서 이 연구는 임상실습 장면의 어려움을 극복할 수 있는 교수 학습방법의 대안으로 가상현실을 적용한 임상실습 교육콘텐츠를 개발하고자 한다.

2. 치아 발치 수술

치과의사 국가시험(실기)은 총 22개의 세부평가항목으로 구성되어 있으며 이 중 '외과치료'의 한 항목으로 '단순발치'가 포함되고 있다[9]. 치아발치는 구강악안면외과 술식 중에서 가장 기본이 되는 치료법으로 일반 진료실에서 흔하게 행해지는 술기이다[17]. 전국 11개의 치과대학(원) 발치 실습 관련 교과과정을 살펴보면 '구강악안면외과학실습', '구강악안면외과학임상실습', '구강악안면성형외과학실습', '임상구강악안면외과학실습' 등의 교과목으로 운영되고 있다. 이중 D대학의 치아발치 관련 교육과정을 살펴보면 '구강악안면성형외과학 실습'과 '임상구강악안면외과학 실습 1, 2, 3' 교과목으로 구성되어 있으며, 교육내용은 구강악안면외과적 술기를 비롯한 의학적 술기의 이론적 지식 습득, 임상진료과정 견학 및 관찰 등의 간접적 참여경험, 진료실에서 실제 환자를 접하면서 진단, 치료, 예상 처치법 등을 다루는 이론수업과 실습이 병행되어 이루어지고 있다.

이러한 치아발치 술기를 습득하기 위해 임상실기 교육이 이루어지는데 발치의 경우 모형에서 실습이 거의 불가능하기 때문에 보통 환자의 장단기 임상증례를 관찰하거나 보조하면서 일부 간단한 직접기술 등이 이루어진다[21]. 이러한 형태로 이루어지고 있는 임상실습은 충분한 연습의 기회를 갖기 못하기 때문에 치아발치에 요구되는 임상기술을 습득하기 어려우며, 다양한 치아발치 케이스를 경험하고 싶다는 학생들의 요구가 있는 것으로 나타났다[21].

또한, 임상실기 이후에 평가는 전통적인 지식수준의 검증을 위한 필기시험이 주를 이루고 있어 임상실기가 학습되었는지를 평가하기 어려운 실정이다. 이에 치아발치 실습을 위한 가상현실 시뮬레이션이 구축된다면 학생들에게 충분한 연습의 기회를 제공해 줄 수 있으며

이후 실제 환자를 진료할 수 있는데 평가 기준으로 활용이 가능할 것으로 보인다. 따라서 현실에서 수술에 직접 참여하고 경험을 쌓을 수 있는 기회가 부족한 학습자에게 가상현실을 통한 수술 훈련 시스템이 필요할 것으로 보인다.

3. 치의학에서의 가상현실 교육콘텐츠

국·내외의 치의학 분야에서 가상현실 기술을 적용하여 다양한 임상장면에서의 활용이 가능한 교육시스템 및 콘텐츠를 개발하고 타당도를 평가한 선행연구들이 이루어져 왔다[4][5][7][17][22].

강병훈, 김지숙, 김현웅[17]은 장소와 시간의 제약이 큰 의료장면의 문제점을 해결하는 방법으로 3D가상현실을 활용한 수술교육 시스템 개발 연구를 수행하였다. 이들은 두 개의 디바이스인 Oculus Rift(오쿨러스 리프트)와 Leap Motion(립 모션)를 이용하여 3D가상 수술 시스템을 구축하고 수술교육에 활용하여 효율성을 높이는 방식을 제안하였다.

문성용, 최봉두, 문영래[4]는 실제 환자 모델을 바탕으로 가상현실 기반의 수술환경을 제작하는 방법을 고찰하고 치과 임플란트 수술 술기를 배울 수 있는 가상현실을 활용한 수술 모델에 대한 평가를 실시하였다. 3D모델링을 통해 해부학적 구조물을 표현하고 Unity3D를 활용해 단계별 시나리오를 게임으로 구성하였다. 단계별로 중요한 수술 과정의 효과적인 습득을 위해 HMD(Head Mount Display) 및 Leap motion과 연동하여 수술행위를 재현해볼 수 있게 구현하였다.

박형욱, 김명수, 박형준[5]은 식립보조도구를 이용한 치아 임플란트 시술 시뮬레이션을 위한 3D 가상환경 구축 방안을 수립하기 위하여 햅틱 장치를 가상환경에 도입하였으며, 치아 임플란트 시술용 식립 보조도구를 제작할 수 있는 체계적인 방안을 제시하였다. 의료영상으로부터 턱뼈, 치아, 신경관 3D 모델을 획득하고 치아 임플란트 3D모델을 획득하였으며, 3D모델을 이용한 식립 보조 도구 정보 생성과 시술 정보에 대한 시각화 시스템, 감각형 인터페이스 장치인 햅틱 장치의 적용 방안에 대해 제시하였다. 또한 시스템 내용의 적절성, 사용성 평가 결과 임플란트 교육 환경에 비하여 가상환경

시뮬레이션 시스템에서 더 좋은 점수를 얻은 반면, 드릴의 위치 파악과 임플란트 시술에 관한 정보제공 여부에 대한 질의에 대해서는 가상시뮬레이션 시스템이 더 낮은 점수를 보여 보다 자연스럽게 용이한 감각형 인터페이스 장치 조작 방안에 대한 개발이 요구된다고 제안하고 있다.

박종태, 박사범, 이정은[8]은 치아 카빙 단계에 대한 3D 모델링 정보를 제공하는 튜토리얼 방식의 모바일 실습지원도구를 개발하였다. 연구결과, 치아카빙 실습 모형은 치아형태학 강의 및 실습을 포함하는 강의실 활동과 학습자의 실습과 일상적 학습을 모바일 실습지원 도구로 연계하는 모바일 심리스러닝 형태로 도출하였으며, 모바일 실습지원도구는 치아형태학 사전, 치아카빙 실습 튜토리얼, 3D 치아 모델링으로 구현되었다. 개발된 콘텐츠의 사용성 평가 결과, 내용타당도와 인터페이스 타당도는 비교적 타당하게 설계된 것으로 분석되었다고 보고하고 있다.

이든샘, 김미리혜, 김정호, 김계중[22]는 이완을 유도하는 가상현실 프로그램이 치과치료 대기 상황에서의 치과 불안, 상태불안 및 이완에 미치는 효과를 검증하였다. 실험집단은 치과 진료 전 가상현실을 통해 약 3분 동안 이완을 유도하였으며 통제집단은 대기를 지시한 결과, 실험집단이 통제집단에 비해 치과 불안, 상태불안, 및 맥박이 모두 유의하게 낮아졌으며 이완이 증가되었다고 보고하고 있다.

Rhienmora, Haddawy, Khanal, Suebnukarn, Dailey [7]은 가상환경에서 치과치료 절차를 실습할 수 있도록 햅틱 장치를 활용한 치과교육 시스템을 제시하였다. 이들은 햅틱장치와 동영상을 사용하여 치아 preparation 절차를 가상현실 시뮬레이터를 적용하여 시뮬레이션 하였다. 또한, 시뮬레이터의 다양한 정보를 수집하여 결합하는 Markov모형(HMMs)를 사용하여 프로그램의 수행을 평가하였다. 연구결과, 치과의사는 햅틱과 그래픽수준이 적절하다고 평가하였으며, HMMs를 사용하여 프로그램의 수행을 평가한 결과 정확성이 100%로 높은 것으로 나타났다.

이와 같이 치의학 분야에서 가상현실 기술을 적용하여 교육콘텐츠를 개발한 연구들은 수술 술기능력을 향

상시하기 위하거나 실습지원을 위해 개발되어왔다. 이 연구들은 기존의 임상장면의 한계점을 극복하기 위한 대안으로 가상현실 기술을 활용한 교육콘텐츠를 개발하여 학습자의 임상수행능력 향상에 기여했다는 데 의의가 있다. 그러나 광범위한 치의학 교육내용을 고려하고 치아발치 실습에 치의학 전공생이 겪고 있는 임상실습의 한계점을 극복하는 하나의 대안으로 치아발치 수기훈련을 위한 교육콘텐츠를 개발하고자 한다.

III. 연구방법

이 연구는 가상현실 기술을 활용한 치아발치 실습지원 도구를 개발하는 것이다. 이를 위하여 가상현실 기반의 치아발치 수기훈련을 위한 교육콘텐츠를 개발하고 전문가 협의회를 통해 타당성을 검증하였다.

1. 개발 절차

가상현실을 활용한 치아발치 수기훈련 교육콘텐츠 개발절차는 [그림 1]과 같으며 학습내용 분석, 설계모형 도출, 개발, 타당도검증, 수정 및 콘텐츠 완성을 거쳤다. 분석단계에서는 가상현실 및 3D모델링 적용을 위한 문헌연구, 치의학 교육 및 실습의 사례분석, '구강악안면성형외과학 실습' 담당교수의 실제 수업운영 사례 분석 및 인터뷰, 학생대상의 실습지원 요구도 파악을 위한 인터뷰 및 개방형 설문 등을 실시하였다. 설계모형을 도출하기 위하여 분석단계의 자료를 토대로 치아발치 과정에 대한 시나리오를 작성하였다. 개발단계는 환자의 안면해부학적 모델을 구축하기 위해 3D 모델링을 하였으며, 설계한 교육 콘텐츠를 가상현실 기술을 적용한 애니메이션을 구현하였다. 3D 모델링을 적용하여 안면 해부학적 모델을 구축하기 및 애니메이션 구현을 위해 Autodesk 3Ds Max(2017)과 Autodesk Mudbox (2017)를 활용하여 모델링하였다. 또한 실사 기반 텍스처와 셰이더를 적용하여 Realistic 렌더링 기법을 적용하였고, 3D엔진에 고품질 텍스처 처리를 위해 Render to Texture 기술로 최적의 풀린곤 상태를 생성하여 제작하였다. 마지막으로 개발된 콘텐츠의 타당도 검증은

실시하고 이를 토대로 수정·보완 절차를 개발단계를 마무리 하였다.

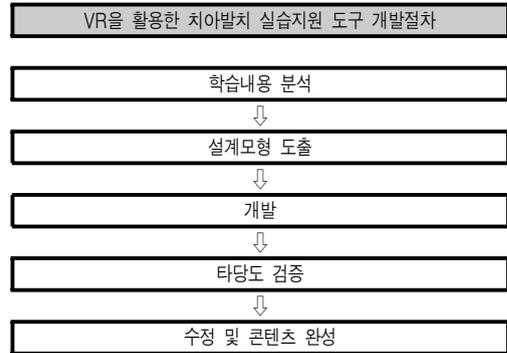


그림 1. 연구의 절차

2. 타당도 검증

타당도 검증을 위하여 치의학 전공자 3명과 교육학 전공자 5명을 전문가 협의회로 구성하고 프로그램에 대한 평가를 실시하였다. 전문가 협의회는 총 3차 이루어졌으며 내용 및 인터페이스에 대한 전문가의 의견을 반영하여 수정·보완하는 절차를 통해 콘텐츠를 완성하였다. 내용타당도는 치의학 교수 3인과 인터페이스 타당도 검토는 교육공학 전공 교수 및 3D, VR 콘텐츠 제작 전문가 총 5명을 대상으로 실시하였다.

인터페이스의 타당도 평가지는 교육용 웹 사이트 평가 준거도구[23][24], 어포던스를 고려한 모바일 증강현실 설문지[25]를 참고하여 VR적용한 교육콘텐츠 개발 연구에 적합하게 수정·보완하여 개발하였다. 하위 구성 요인으로는 내용제시의 적절성(편의성, 매력성, 심미성, 멀티미디어), 내용구성의 타당성(학습안내, 체계성, 단순성, 매력성, 정확성, 적절성), 교수설계 영역의 타당성(교수설계전략, 학습자 주도성, 이해 가능성, 평가)로 구성되어 있다.

IV. 연구결과

1. 가상현실 치아발치 수술 환경 제작

1.1 환자의 안면 해부학 3D 모델 제작

실제 수술과 동일하게 구현하기 위해 치아 발치 자료 조사가 이루어졌으며, 자료조사를 통해 환자의 안면 해부학 및 수술환경 등을 3D로 모델링 하였다. 환자의 안면 해부학 3D 모델링은 인물묘사가 뛰어난 Mudbox (Autodesk, USA, 2017) 프로그램을 사용하였으며, 구조 및 디자인을 정밀하게 할 수 있는 3Ds Max (Autodesk, USA, 2017) 프로그램을 이용하여 수술실 환경 및 수술 도구를 실제 동일하게 구현하였다.

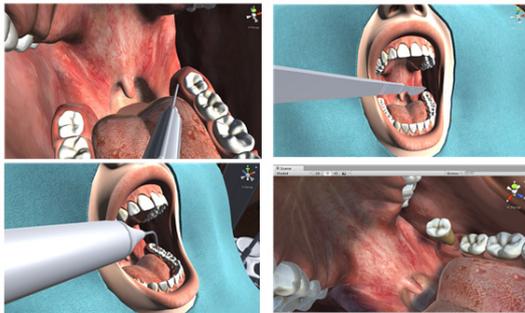


그림 2. 3D 모델링을 통한 환자의 안면 해부학 제작

1.2 수술 술기 시나리오 제작

치아발치 수술과정은 ‘술전과정’, ‘수술과정’, ‘수술후 과정’으로 크게 3가지로 구분되어 진다. 술전과정은 1) 기분구강검사, 2) 설명, 동의서 작성, 3) 방사선 촬영, 4) 난이도 평가 총 4단계로 구성되어 있다. 수술과정은 1) 구강 내·외부 소독, 2) 마취, 3). 환상인대 절개, 4) 판막 형성, 5) 골삭제, 6) 1차 탈구 시도, 7) 치아분할 및 제거, 8) 염중조직 제거와 조직검사, 9) 발치와 세정 확인, 10) 지혈 및 봉합 총 10단계로 이루어져 있다. 수술후 과정은 1)주의사항 고지, 2)약처방, 3) 예약 및 귀가 3단계로 이루어져 있다. 치아발치 수술전, 수술과정, 수술후 과정 모두를 포함한 각 단계에 시나리오를 제작하였다. 수술과정은 실제 환자의 수술과정을 비디오로 촬영하고 이에 대한 각 단계별 주요 술기를 시나리오로 제작하였으며 수술과정을 단계별로 구분하고 단계별 중요한 술기, 주의해야 할 점, 사용도구 등의 정확성 등의 전문성을 확보하기 위해 수술을 집도한 의사가 시나리오

를 작성하였다.



그림 3. 치아발치 수술과정



그림 4. 치아발치 시나리오 제작(마취단계)

1.3 VR을 적용한 단계별 수술장면 제작

치아발치 전체 수술과정(구강내외 소독~지혈 및 봉합)에 대해 가상현실로 수술환경을 제작하였다. 치과수술 특성상 입안에서 이루어지는 수술을 참관하는데 불편함을 겪을 수 있는데 가상현실 애니메이션으로 구축하여 학습자가 원하는 방향에서 수술장면의 관찰이 가능하도록 하였다.

3D해부학 모델과 시나리오를 바탕으로 가상현실을 제작하기 위해 Entaniya 220°각도를 갖춘 3개의 GoPro Hero5 Black(4K, 30fps) 카메라를 사용하여 360° VR형식으로 환자 및 치과위생사를 포함한 전체 진료실을 촬영하였다. 구강 내 근접 촬영 이미지를 획득위하여 3D 카메라(4096*2160,30fps)를 사용하였으며, VR이미징

단점을 보완하기 위해 3D카메라를 술자의 머리에 장착하여 입체영상을 시청자 시선과 같은 방향으로 획득하였다. 촬영한 영상데이터는 KOLOR사의 Autopano Giga/VideoPro Tool을 사용하여 인코딩작업 및 영상편집을 하였다.

제작된 시나리오를 바탕으로 VR에니메이션을 제작하여 치아 발치 전체 수술과정을 관찰 할 수 있다. 또한 HMD & 모션컨트롤러 기반의 인터랙션 기초 동작을 구현하여 에니메이션을 구동할 수 있도록 하였다.



그림 5. 수술장면 VR에니메이션

2. 가상현실 기술을 활용한 치아발치 실습지원도구의 효과 분석

내용타당도와 인터페이스 타당도 평가는 전문가의 의견과 통계적 수치를 바탕으로 최종 전문가의 의견이 합치가 될 때까지 이루어졌다. 내용타당도와 인터페이스 타당도는 5점 리커트 척도로 ‘매우 그렇지 않다’부터 ‘매우 타당하다’로 전문가의 판단을 통해서 평가하였다 1차 평가 결과 평균값이 3점미만(매우 그렇지 않다~그렇지 않다)으로 낮은 타당도를 보인다고 평가한 문항과 개방형 질문을 통해 수합한 전문가 의견을 반영하여 수정·보완하는 절차를 거쳤다. 또한, 본 논문에서는 선행연구[8]의 사용성 평가 기준에 따라 각 항목에 대해 전문가가 타당도가 높다고 평가한 평균값이 4점 이상인 경우 높은 타당도를 지니는 것으로 판단하였다.

2.1 내용 타당도

내용타당도의 항목은 내용 분석의 충실성, 교수전략의 타당성, 교육적 유용성 및 활용성의 타당성을 기준으로 분석하였다.

1차 평가 결과 ‘그림, 표, 에니메이션과 학습내용의

적절성’, ‘수술 술기 교육도구의 유용성’, ‘교수학습의 효과성’, ‘학습내용의 최신정보의 포함여구’, ‘VR영상의 전문성’, ‘VR영상의 현실성’ 문항의 평균이 3점미만으로 다소 낮은 것으로 나타나 이와 관련된 사항을 수정·보완하는 절차를 거쳤다. 또한, 발치와 관련된 VR에니메이션 제작에서 골삭제 부위, 치아 분할 부위에 대한 정교성 부족, 발치과정 이후 환자의 위치의 부적절성, 임상동영상과 VR에니메이션의 치아 종류의 불일치 등의 전문가 의견을 반영하여 수정하였다. 2차 평가 결과 내용타당도의 평균은 4.255점으로 치아발치 절차에 대한 설명이 오류 없이 잘 제시된 것으로 분석되었으며, 치아발치 과정에 대한 교수·실습방식이 적절하며 교육적으로 유용성과 활용성이 높은 것으로 분석되었다.

표 1. 내용타당도 평가 결과

VR 치아발치 교육콘텐츠 내용타당도 평가문항		1차		2차	
		평균	표준편차	평균	표준편차
내용 분석의 충실성	치아발치에 대한 설명의 정확성	3.40	1.14	4.38	0.52
	치아발치 절차의 정확성	3.38	1.19	4.25	0.71
	그림, 표, 에니메이션과 학습내용의 적절성	2.40	0.55	4.25	1.04
교수 전략의 타당성	핵심내용의 설명이나 용어와 학습자의 수준의 적합성	3.40	0.89	4.88	0.35
	치아발치 과정에 대한 설명의 제시방법의 적절성	3.00	1.00	4.63	0.52
	가상현실 방식의 치아발치 교수방법의 적절성	3.00	0.71	4.88	0.35
교육적 유용성	가상현실 방식의 치아발치 실습방식의 적절성	3.00	0.71	5.00	0.00
	수술 술기 교육도구의 유용성	2.60	0.55	4.75	0.46
	치아발치 술기 교수학습의 효과성	2.60	0.55	4.50	0.53
활용성	학습내용의 최신 정보의 포함여부	2.60	0.89	4.63	0.74
	본 VR이 기존의 기타 의료영상들보다 전문성이 있는지 여부	2.40	0.55	4.50	0.53
	본 VR이 해부학 정보를 현실적으로 이미지화 했는지 여부	2.80	0.84	4.38	0.52
	본 VR을 통해 수술시 수술술기 습득의 활용성	3.00	0.71	4.88	0.35
	본 VR이 환자에게 수술방법 설명의 활용성	3.00	0.71	4.88	0.35

2.2 인터페이스 타당도

인터페이스 타당도는 ‘내용제시의 적절성’, ‘내용구성의 타당성’, ‘교수설계 영역의 타당성’ 3가지 영역에 대한 타당도를 평가하였다.

내용제시의 적절성과 관련한 타당도 평가결과를 살

해보면 1차 평가결과 ‘적절한 교육매체 활용도’, ‘학습내용과 관련된 멀티미디어의 적절성’ 항목이 평균 3점미만으로 다소 낮은 것으로 나타났으며, ‘객체의 확대나 축소 기능 추가’, ‘치료 장면의 동영상 교체’, ‘메뉴, 버튼, 아이콘의 편의성’ 등의 항목의 다른 항목보다 상대적으로 낮은 것으로 나타나 수정·보완하는 절차를 거쳤다. 또한, ‘환자가 말하는 내용을 차트가 아닌 말풍선이나 음성추가 등을 고려하여 내용 전달력 향상’, ‘가시성 확보를 통한 텍스트의 크기 수정’, ‘control 버튼의 시각적 요소 점검’, 등의 전문가 의견을 반영하여 수정·보완하였다. 2차 평가의 결과 인터페이스의 편의성, 심미성, 멀티미디어의 적절성과 관련된 항목의 평균이 4.57~5.00점으로 가상현실의 내용의 제시가 학습자가 작동하기 용이하고 적절한 매체를 이용하여 내용이 제시되었다고 분석되었다.

표 2. 인터페이스 평가결과(내용제시의 적절성)

VR 치아발치 교육콘텐츠 인터페이스 평가문항		1차		2차	
		평균	표준 편차	평균	표준 편차
편의성	메뉴, 버튼, 아이콘 등의 일관성 있는 조작가능	3.14	0.69	4.71	0.49
	객체의 확대나 축소 가능여부	3.29	0.95	4.71	0.49
심미성	정확한 터치를 위한 충분한 크기의 버튼, 메뉴, 아이콘 장착여부	3.14	1.21	4.86	0.38
	컬러, 사진, 그래픽, 동영상 등의 시각적	3.57	0.53	5.00	0.00
정확성	가상현실의 색상과 실제와의 일치성	3.43	0.98	4.71	0.49
	한 화면의 색상수의 적절성	3.29	0.95	4.86	0.38
	의료영상의 이미지 선명도	3.29	0.76	4.86	0.38
멀티미디어	멀티미디어가 학습내용 이해에 도움 정도	3.00	0.82	4.71	0.49
	텍스트, 이미지, 오디오, 동영상 등의 적절한 매체 활용도	2.14	0.38	4.57	0.79
	학습내용과 관련된 멀티미디어들의 적합성	2.43	0.98	4.86	0.38
	레이아웃의 일관성 정도	3.29	0.49	5.00	0.00

내용구성의 타당성과 관련된 평가 요인은 학습안내, 단순성, 매력성, 정확성, 적절성으로 이루어져 있으며 평가결과를 차시별로 살펴보면 다음과 같다. 1차 평가결과 ‘학습진행을 위한 도움말의 적절성’, ‘학습목표에 적합한 핵심적인 학습내용 선정여부’ 항목이 평균 3점미만으로 다소 낮은 것으로 나타났으며, ‘학습진행을 위한 도움말의 적절성’, ‘의료영상의 움직임의 선명도’, ‘의

료영상의 수술기구 및 부위의 선명도’ 등의 항목은 다른 항목보다 상대적으로 낮은 평균값을 보여 이들 항목을 수정·보완하였다. 또한, ‘텍스트의 경우 이미지에 비해 해상도가 낮은 문제’, ‘동영상과 애니메이션의 공간의 일치성 고려’, ‘학습목표와 VR 애니메이션 학습자료의 구연 가능성’ 등의 전문가 의견을 고려하여 수정·보완하는 절차를 거쳤다. 2차 타당도 평가 결과 내용구성의 타당성 항목의 평균이 4.57~5.00으로 학습내용에 대한 안내가 적절하게 이루어지고 있으며, 학습내용에 집중할 수 있도록 단순하고 매력성을 지니는 내용으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 또한, 의료영상 및 애니메이션 구현이 정확성을 지니고 학습목표에 적합한 핵심적인 학습내용이 선정되어 사용자에게 적합한 것으로 여겨진다.

표 3. 인터페이스 평가결과(내용구성의 타당성)

VR 치아발치 교육콘텐츠 인터페이스 평가문항		1차		2차	
		평균	표준 편차	평균	표준 편차
학습안내	학습목표의 정확성	3.14	0.38	4.71	0.76
	대상 학습자의 명확성	3.14	0.90	4.43	0.79
	학습과정, 학습방법의 명확성	3.43	0.98	4.57	0.53
	학습진행을 위한 도움말의 적절성	2.57	0.53	5.00	0.00
단순성	복잡한 구성요소의 제시의 단순성	2.86	0.69	4.86	0.38
	불필요한 메뉴가 없고 아이콘의 단순성	3.00	0.58	4.57	0.53
	증강현실 표현의 단순성	3.43	0.53	4.71	0.49
매력성	사용자의 주의집중이 가능한 형태의 자료제공 여부	3.29	0.49	5.00	0.00
	한 화면에 적절한 가상현실 사용여부	3.57	0.53	5.00	0.00
	촉각적 현실감 존재여부	3.29	0.76	4.86	0.38
정확성	정보의 명확한 정확성	3.14	0.69	4.71	0.49
	정확한 학습내용의 제시여부	3.43	0.53	4.86	0.38
	문법, 맞춤법의 정확성	3.86	0.38	4.86	0.38
	의료영상이 움직일 때도 이미지가 선명한지 여부	3.14	0.69	4.86	0.38
	의료영상이 작은 것들도 선명하게 구분되는지 여부	3.29	0.49	4.71	0.49
적절성	제시되는 정보가 사용자에게 적절성	3.00	0.82	4.71	0.49
	학습목표에 적합한 핵심적인 학습내용 선정여부	2.71	0.95	4.57	0.79
	한 화면에서 제시 가능한 학습정보의 양 제공여부	3.14	0.69	4.71	0.49

교수설계영역의 타당성은 ‘교수설계 전략’, ‘학습자 주도성’, ‘이해가능성’, ‘평가’와 관련된 항목을 평가하였다. 1차 타당성평가 결과 ‘학습자 기초에 따른 매체 선

정의 가능성', '학습자 특성과 수준에 맞는 옵션 선택가능성', '평가방법의 제시 및 활용여부', '학습목표, 내용, 평가의 유기적 연결성'의 항목에서 평균 3점미만으로 다소 낮은 것으로 이러한 부분을 수정·보완하였다. 또한, 제시되는 내용의 난이도 및 형태와 VR에니메이션 구현의 적합성, '학습모듈 및 화면 간 이동의 편리성', '기능별 조작버튼의 차별성을 지니도록 구성' 등의 전문가 의견을 수렴하여 수정·보완절차를 거쳤다. 2차 타당성 평가 결과 모든 항목이 4.29~4.86으로 대체로 타당하게 설계된 것으로 분석되었다. 그러나 학습자특성과 수준에 맞는 옵션 선택가능성, 학습정도의 평가 및 활용과 관련된 부분이 다른 항목에 비하여 상대적으로 낮은 평균값으로 나타났다.

표 4. 인터페이스 평가결과(교수설계영역의 타당성)

VR 치아발치 교육콘텐츠 인터페이스 평가문항		1차		2차	
		평균	표준 편차	평균	표준 편차
교수설 계 전략	학습내용과 적합한 교수설계 전략 활용여부	3.14	0.69	4.71	0.76
	교수설계가 학습이론과 전략을 기반 으로 하는지 여부	3.00	0.58	4.71	0.76
학습자 주도성	학습자가 기호에 따른 매체 선택의 가능성	2.14	0.38	4.43	0.79
	학습의 순서, 속도 등의 통제 가능성	3.43	0.53	4.71	0.49
	학습자 특성과 수준에 맞는 옵션 선택 가능성	2.14	0.38	4.29	0.95
이해가 능성	학습속도가 학습자의 수준에 적합성	3.14	0.69	4.57	0.53
	선택된 학습방법이 학습자의 수준에 적합성	3.00	0.58	4.57	0.79
	학습내용과 의미전달에 설득력	3.29	0.76	4.86	0.38
	학습자 수준과 출발점 분석을 고려 한 콘텐츠 제작여부	2.43	0.98	4.57	0.79
평가	학습자의 학습정도를 평가할 수 있 는 방법의 제시 여부	2.71	0.95	4.43	0.79
	학습목표, 학습내용, 학습평가의 유 기적 연결성	2.71	0.76	4.43	1.13
	학습목표의 속성에 적합한 학습평가 방식의 활용여부	2.86	0.90	4.29	1.11

V. 결론 및 제언

치아발치는 구강악안면외과 술식 중에서 가장 기본이 되는 치료법으로 일반진료실에서 흔하게 행해지는 술기이다. 기존의 치아발치 실습은 임상실습실에서 마네킹을 사용하여 모의실습을 하거나 동영상이나 실제

임상장면을 관찰하는 형태로 실제 임상장면에서 적용에 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제점의 하나의 대안으로 가상수술 환경 제공이 가능한 가상현실 기술을 적용한 교육콘텐츠를 구축하는 것이 필요하다. 또한 치아발치 수술전-수술과정-수술후 과정은 단계별로 학습자가 필요한 부분을 선택하여 학습하는 것이 효과적인데 전반적인 수술과정을 참관하거나 교수자의 시연만으로 부족한 경우가 발생한다. 따라서 가상수술 환경을 구축하여 학습자의 필요에 따라 언제든지 임상훈련이 가능한 콘텐츠가 마련될 필요가 있다.

본 연구는 치아발치 실습교육을 위한 VR기반의 교육용 콘텐츠를 개발하고 사용자 평가를 통해 타당도 검증하였다. 연구결과, VR기반의 치아발치 교육용 콘텐츠는 술전과정-수술과정-수술후 과정으로 제작하였으며, 수술과정은 실제 환자의 수술과정 촬영본을 바탕으로 시나리오를 작성하였다. 또한, 치아발치 전체 수술과정에 대해 가상현실로 수술환경을 제작하고 HMD & 모션컨트롤러 기반의 인터랙션 기초 동작을 구현하여 애니메이션을 구동할 수 있도록 하였다. 이 연구는 치의학 교육에서 치아발치 실습교육의 한계점을 극복할 수 있는 가상수술 환경을 구축하여 교수자와 학습자의 필요에 따라 교육 및 학습이 가능하다는 측면에서 의의를 갖는다. 또한 전반적인 치아발치 수술에 관한 학습과정을 연결하는 교육콘텐츠로 수술전-수술과정-수술후 과정에 요구되어 지는 치아발치 관련 지식습득과 실습이 연계되는 교육콘텐츠를 개발하고 타당성을 검증하였다는데 의의를 지닌다.

본 연구를 기반으로 의료분야에서 3D 모델링과 가상현실 기술을 적용한 시뮬레이터를 개발하여 학생들의 임상실습을 지원하는 콘텐츠 개발 연구가 활발히 이루어지기를 기대한다. 치의학 교육에서 방대한 학습내용과 연계성을 갖는 임상실습이 이루어지기 위해서는 가상현실 기반의 실습용 교육콘텐츠 개발이 도움이 될 것으로 보인다. 또한, 다양한 환자를 치료한 사례를 기반으로 3D 모델링으로 구현하고 가상현실 기반의 애니메이션을 구축한다면 학습자는 다양한 환자케이스에 대한 임상실습경험을 통해 치의학 분야의 임상수행 능력 향상에 도움이 될 것으로 보인다.

그러나 치의학 분야에 이와 같은 가상현실 기술을 적용한 실습지원 콘텐츠의 장점에도 불구하고 학습자에 따라 새로운 매체로 인한 인지부하를 경험하거나, 학습을 수행하는 동안 어지러움증 등에 대한 불편을 호소하는 경우가 보고되고 있다[20]. 따라서 향후 연구에서는 실제 사용자를 대상으로 학습과정을 관찰하고 사용성에 대한 인식 및 의견을 수렴하는 과정을 거쳐야 하며, 향후 이러한 가상현실 기반 콘텐츠가 학습자의 학습효과 및 만족도에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 살펴볼 필요가 있다.

참 고 문 헌

[1] 최재갑, “우리나라 치과대학교육의 문제점 및 발전방향,” 대한치과의사협회지, 제40권, 제3호, pp.224-226, 2002.

[2] 김지환, 이소진, 박영범, 정문규, “치과대학 및 치과전문 대학원의 보철학 교과과정 실태 조사 및 개선 방향에 대한 고찰,” 대한치과보철학회지, 제51권, 제2호, pp.90-98, 2013.

[3] 박미정, *치의학대학원 학생의 교육과정에서 임상 수행능력 평가를 위한 세부항목 추출*, 서울대학교 대학원, 박사학위논문, 2014.

[4] 문성용, 최봉두, 문영래, “가상현실을 이용한 치과 임플란트 수술 교육,” 전자공학회논문지, 제53권, 제12호, pp.169-174, 2016.

[5] 박형욱, 김명수, 박형준, “3D 모델 기반 기하처리를 이용한 치아 임플란트 식립 계획 방안,” 한국 CDE 학회 학술발표회 논문집, pp.955-959, 2011.

[6] A. D. Steinberg, P. G. Bashook, J. Drummond, S. Ashrafi, and M. Zefran, “Assessment of faculty perception of content validity of Periosim©, a haptic-3D virtual reality dental training simulator,” *Journal of Dental Education*, Vol.71, No.12, pp.1574-1582, 2007.

[7] P. Rhiemora, P. Haddawy, P. Khanal, S. Suebnukarn, and M. N. Dailey, “A virtual reality

simulator for teaching and evaluating dental procedures,” *Methods of information in medicine*, Vol.49, No.04, pp.396-405, 2010.

[8] 박종태, 이정은, 박사범, “3D모델링 기술을 활용한 모바일 튜토리얼 방식의 치아카빙 실습지원 도구 개발,” 한국콘텐츠학회논문지, 제16권, 제2호, pp.546-557, 2016.

[9] 김문영, *국내·외 발치학 실습 관련 강의 및 평가 조사 보고서*, 단국대학교, 2018.

[10] 정유경, “VR 소방체험 교육콘텐츠 개발,” 한국콘텐츠학회 종합학술대회 논문집, pp.201-202, 2016.

[11] 심규철, 박종석, 김현섭, 김재현, 박영철, 류혜일, “과학교육에서 가상현실 기법의 활용 모색,” 한국 과학교육학회지, 제21권, 제4호, pp.725-737, 2001.

[12] 김현성, 이창선, “가상현실 (VR) 을 적용한 Mp3 Player 사용성 평가에 관한 연구,” 한국디자인문화학회지, 제15권, 제4호, pp.175-187, 2009.

[13] 소요환, “웹 3D 와 가상현실 시뮬레이션 학습의 사용성 평가 비교분석,” 한국콘텐츠학회논문지, 제16권, 제10호, pp.719-729, 2016.

[14] 심규철, 류수정, 김현섭, 김희수, 박영철, “가상현실 기법의 활용이 지식 향상에 미치는 효과-논의 구조와 기능 내용을 중심으로,” 한국과학교육학회지, 제23권, 제1호, pp.1-8, 2013.

[15] A. Antonietti and M. Cantoia, “To see a painting versus to walk in a painting: an experiment on sense-making through virtual reality,” *Computers & Education*, Vol.34, No.3-4, pp.213-223, 2000.

[16] 성소민, 이민구, “가상현실과 증강현실 교육 콘텐츠의 개발 현황과 효과,” 한국디자인학회 학술발표대회 논문집, pp.208-209, 2017.

[17] 강병훈, 김지숙, 김한웅, “3D 가상 현실방식을 사용한 수술교육시스템의 연구,” 한국디지털콘텐츠학회 논문지, 제17권, 제4호, pp.287-293, 2016.

[18] 박종태, 김지호, “3 차원 멀티미디어를 활용한 모바일 과제정보 제시가 치아카빙에 관한 지식, 수행 및 수업만족도에 미치는 효과,” 한국콘텐츠학

회논문지, 제18권, 제5호, pp.376-385, 2018.

- [19] J. J. Gibson, *The ecological approach to visual perception*, Psychology Press, 1986.
- [20] 이삼성, *가상현실을 이용한 웹기반 학습프로그램의 개발 및 효과분석*, 인천대학교 교육대학원, 석사학위논문, 2003.
- [21] 강현경, 권경환, 김승희, 김지희, 류혜걸, *최신 구강악안면외과학*, 대한나래출판사, 2012.
- [22] 이든샘, 김정호, 김제중, “이완을 유도한 가상현실 프로그램이 치과불안에 미치는 효과,” 한국심리학회지: 건강, 제22권, 제2호, pp.257-269, 2017.
- [23] 김미량, “컴퓨터교과교육: 컴퓨터 활용교육; 교육용 웹 사이트 평가를 위한 준거의 개발 및 적용,” 컴퓨터교육학회논문지, 제6권, 제1호, pp.41-54, 2013.
- [24] 김은정, 이유나, 이상수, “초등학생들의 감정인식과 공감능력 향상을 위한 맞춤형 모바일 앱 개발,” 한국컴퓨터교육학회 논문지, 제17권, 제3호, pp.85-99, 2014.
- [25] 황윤자, *어포던스 이론 기반의 모바일 증강현실 교육시스템 설계 가이드라인 및 프로토타입 개발 연구*, 한양대학교, 박사학위논문, 2013.

김 지 효(Ji-Hyo Kim)

정회원



- 2010년 2월 : 숙명여자대학교 교육심리학과(교육학 석사)
- 20113년 8월 : 충남대학교 교육심리학·교육과정(교육학 박사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 교양교육대학 교육조교수

<관심분야> : 진단분류모형, 검사개발, 진로교육

이 정 현(Jeong-hyun Lee)

정회원



- 2016년 2월 : 한서대학교 치위생학과(치위생학 석사)
- 2017년 9월 ~ 현재 : 단국대학교 치의학과(구강해부학 박사과정 재학중)

<관심분야> : 메디컬일러스트레이션, 치의학교육

저 자 소 개

박 종 태(Jong-Tae Park)

정회원



- 1998년 2월 : 조선대학교 전자공학(공학석사)
- 2003년 2월 : 조선대학교 전자공학(공학박사)
- 2007년 8월 : 조선대학교 치의학과(치의학박사)

- 2014년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 치의예과 부교수

<관심분야> : 메디컬일러스트레이션, 치의학교육