

## 수의학 훈련을 위한 슬개골 수술 햅틱 시뮬레이터

이준<sup>10</sup>                  엄기동<sup>2</sup>                  서안나<sup>3\*</sup>

<sup>10</sup>호서대학교 컴퓨터정보공학부, <sup>2</sup>건국대학교 수의학과, <sup>3</sup>가천대학교 의예과

<sup>10</sup>junlee@game.hoseo.edu, <sup>2</sup>emok@konkuk.ac.kr, <sup>3\*</sup>csanse@gmail.com

### A Patellar Surgery Haptic Simulator for Veterinary Training

Jun Lee<sup>10</sup>                  KiDong Eom<sup>2</sup>                  Anna Seo<sup>3\*</sup>

<sup>10</sup>Hoseo University Division of Computer Information and Engineering, <sup>2</sup>Konkuk University Department of Veterinary Medicine, <sup>3</sup>Gachon University of Medicine and Science

#### 요 약

소동물의 슬개골 수술은 인간의 뼈보다 약하여 수술의 난이도가 어렵기 때문에, 소 동물의 슬개골 탈구 치료 수술 과정의 학습은 수의사에게 매우 중요하다. 소 동물의 슬개골 수술 훈련은 사체를 이용한 훈련을 하고 있으나 소 동물의 사체가 부족하기 때문에 시청각 자료나 수술 참관으로 수술을 학습하고 있어 수의학과 학생 및 전문 수의사들에게 충분한 훈련 환경이 제공되지 못하는 상황이다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 소동물의 슬개골 수술을 위한 햅틱 시뮬레이터를 제안한다. 제안한 시뮬레이터는 슬개골 드릴링 수술에 적용시켰으며 소동물의 드릴링에 대한 Force Feedback을 모델링하고 햅틱 인터페이스를 제공하고, 사용자가 몰입하여 수술 경험을 할 수 있는 워크 벤치를 제공하였다. 본 논문에서 제안된 슬개골 햅틱 시뮬레이터가 제공하는 드릴링 과정에서 햅틱 피드백에 대한 사용자 평가 결과 유의미한 결과를 얻을 수 있었다.

#### Abstract

Patella surgery of small animal is an important veterinary surgery that the veterinarian should saw and drill the dislocated patella in order to fix the corrected position. However, the animal protection laws restrict the veterinarian students' chances for the practice and training of the patella surgery. This paper proposed a haptic based patella surgery simulator for veterinarian students. We modelled force feedback methods in order to provide best similar haptic feedbacks to the real drilling feedbacks in the patella surgery. The proposed patella drilling simulator provides haptic interface as a drill and a workbench in order to provide best surgery experiences. We conducted the performance evaluations in order to prove usability of the proposed patella surgery interface.

**키워드:** 가상 수술, 슬개골 수술, 햅틱 피드백, 수술 시뮬레이터

**Keywords:** Virtual Surgery, Patella Surgery, Haptic Feedback Surgery Simulator

### 1. 서론

최근 반려동물의 양육인구의 증가로 반려 동물을 양육하고 있는 가구는 574 만 가구, 반려 동물의 양육인구는 약 1481 만명, 반려견 및 반려묘의 수는 875 만 마리에 해당될 정도로 반려 동물을 키우는 것이 대중화되는 추세이다[1]. 이런 반려 동물을

키울 때 반려 동물에 대한 수술 치료의 중요성도 증대되고 있다. 반려 동물에서 자주 발생하는 슬개골 탈구 증상은 무릎 중앙에 슬개골이라는 접시 모양의 뼈가 탈구 되는 증상으로 주로 반려 동물이 높은 곳에서 착지를 하거나 바닥에 미끄러질 때 발생하게 된다[2]. 슬개골 탈구 증상이 심한 반려 동물은 탈구된 관절 부위가 붓거나 인대가 파열되어 많은 통증을 유발하여 반려 동물이 제대로 걷지 못하고 아픈 다리를 질질 끌면서

\*corresponding author: An-Na Seo/Gachon University(csanse@gmail.com)

걷거나 아픈 다리를 들면서 걷게 된다. 반려 동물의 슬개골 탈구 증상은 수술적인 치료가 반드시 필요한 수술이지만 복잡하고 작은 무릎 관절을 절개하여 탈구된 슬개골을 잘라내어 다시 원래의 위치로 이동하여 드릴링을 통한 결합을 해야만 하는 고 난이도의 수술 과정이다. 예비 수의사들은 슬개골 수술에 대한 교육과 훈련을 해야함에도 불구하고 수술 훈련의 특성상 개와 같은 소동물의 사체를 가지고 수술 훈련을 해야하기 때문에 연습량이 부족하다는 단점이 있다[3]. 이러한 문제를 해결하기 위해서 가상현실 환경에서 무릎 수술 훈련 방법 및 시뮬레이터들이 제안되었다[4, 5, 6, 7]. 하지만, 반려 동물과 같은 소 동물의 슬개골 및 무릎의 뼈는, 기존 연구들에서 사용된 인간의 뼈나 관절 부위와는 많이 다른 강도와 특징을 가지고 있기 때문에 이들을 활용하여 수술 시뮬레이션을 구성 하기 어렵다. 한편 가상현실 환경에서 존재감을 제공해 주기 위해서 HMD (Head Mounted Display)를 착용하여 수술 환경을 제공해주는 연구 방법들이 있지만 실제로 슬개골 수술을 하는 수의사들의 경우 HMD 와 같은 특별한 안경을 착용하는 것이 수술 환경과 다르기 때문에 슬개골 수술 훈련을 수행하는 예비 수의사들이 수술 시뮬레이션에 집중력을 떨어 뜨리는 사용성 문제가 발생할 수 있다. 슬개골 수술 훈련의 가장 중요한 요소는 사람 보다 훨씬 연약한 슬개골을 훼손하지 않고 잘라내고, 이를 다시 드릴로 원래의 위치로 결합하는 과정에서 적절한 힘을 주어서 슬개골혹은 무릎 관절이 파손되지 않도록 하는 것이다. 본 논문에서는 실제 소 동물의 슬개골 수술 훈련을 할 수 있는 햅틱 인터페이스를 사용한 시뮬레이터를 제안한다. 제안한 시뮬레이터는 햅틱 인터페이스인 Phantom Omni 를 사용하여 슬개골의 잘라내기, 및 드릴링을 수행하면서 수술 과정에 대한 햅틱 피드백을 느낄 수 있도록 구성한다. 또한 수술 과정에서 사용자가 HMD 를 착용하여 사용성 문제를 일으키지 않으면서도 몰입하여 수술을 할 수 있도록 VR WorkBench 를 제작하여 수술 훈련을 할 수 있도록 하였다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 슬개골 탈구 수술

슬개골 탈구 수술은 소동물의 수술 중에서도 정교한 작업을 요구하는 수술로 숙련된 수의사가 아닐 경우 수술 자체가 어려운 문제가 있다. 이와 같은 문제로 인하여 주로 훈련은 시청각 자료를 활용하거나, 숙련된 수의사가 슬개골 탈구 수술을 집도하고 그것을 예비 수의사들이 관찰하는 형태로 이루어진다. 슬개골 탈구 수술의 과정은 다음의 그림 1 과 같다.

소동물의 마취가 이루어진 후에, 수의사는 슬개골이 탈구되어 있는 환부를 육안으로 확인하고 이후 손으로 만져 보면서 수술 부위를 결정한다. 이후 피부를 절개하고 튀어나온 슬개골을 수술용 톱을 이용하여 절단을 한다. 절단된 환부는 탈구된 기전 위치로 이동을 시키고, 드릴을 사용하여 구멍을 뚫고 핀으로 환부를 고정시킨 후에 절개된 피부를 봉합하면 수술이 완료된다. 이때 수술용 드릴로 소동물을 관통하는 과정에서 너무 많은 힘이 들어가거나 잘못된 각도로 들어가는 경우 뼈 자체가 부서지는 등의 실수를 할 수 있기 때문에 세심하고 정교한 훈련이 필요 하다[6].



Figure 1 슬개골 탈구 수술 과정 및 본 논문에서 모델링 하는 범위

### 2.2 수술 시뮬레이션 훈련

소동물에 대한 슬개골 드릴링 시뮬레이션을 제공해주는 시스템은 아직까지 발표가 되지 않았다. 하지만, 소동물에 대한 정맥 주사 시뮬레이션하는 과정을 햅틱 시뮬레이터를 만들고 이를 증강현실 및 가상현실 환경에서 적용한 사례들은 소개되었다. 해당 연구들에 대한 결과를 보면 소동물에 대한 수술 훈련 과정을 모델링하고 실제 수술과 유사한 햅틱 피드백을 제공해 주는 경우에 좋은 교육 효과를 보인다는 결과를 얻을 수 있었다[9, 10, 11]. 다만 해당 정맥 주사 시뮬레이터의 경우에는 모델링 하는 햅틱 피드백이 단순한 실험이 실패했는지 안 했는지에 따른 진동 피드백을 제공하는 수준이어서 드릴링과 고수준의 햅틱 피드백을 모델링 하기에는 적합하지 않다는 특징이 있다.

한편 햅틱 피드백과 수술 시뮬레이션은 사람을 대상으로 한 두개골 수술, 골반 수술 및 치아 스케일링과 같은 사람의 단단한 뼈나 치아등을 드릴링 하는 과정에서 다양한 햅틱 피드백에 대한 모델링 및 인터페이스들에 대한 연구들이 이루어졌다.

수술 시뮬레이션 과정에서 사용자가 뼈나 치아 같은 부위를 뚫는 과정에서 생기는 저항감을 역감이라고 정의할 수 있으며, 햅틱 인터페이스에서는 이를 Force Feedback 이라고 정의하며 실제로는 존재하지 않는 가상의 뼈 같은 경우도 드릴링을 하는 과정에서 저항을 하거나, 드릴 과정에 떨리는 진동을 제공할 수 있다. 일반적인 햅틱 인터페이스를 사용한 연구들은 이러한 Force Feedback 을 다양한 상황에 교육용 매체로서 사용하여 사용자에게 새로운 경험을 제공한다는 장점을 가지고 있다[3]. Morris et al.은 인간의 얼굴 수술 그 중에서도 턱관절의 수술을 가능 하게 해주면서 이 부분에 대한 햅틱 렌더링을 제공하는 연구를 발표하였다. 인체의 얼굴 중에서 턱관절이 가지는 특수성인 관절의 복잡도를 고려하여 수술 중에 뼈가 부서지지 않도록 수술 훈련을 할 수 있는 시스템을 개발하였으며, Morris et al.은 사용자가 햅틱 렌더링을 적용할 때, 시각적인 효과와 결합하여 햅틱 수술 과정을 시각화 하는 방법을 제안하여 기존의 햅틱 피드백을 제공하는 경우에 비해서 더 좋은 학습 효과가 있다는 것을 보여주었다 [4, 5]. 한편, Tsail[6]는 사람의 골반의 골절 수술에서 햅틱 인터페이스를 사용 하였으며 실제 수술에 사용 되는 수술용 칼을 Sensable 사의 Phantom Omni 디바이스의 스타일러스 펜과 결합한 형태의 새로운 인터페이스를 제안 하였다. Kim et al. 은 치과에서 치아 스케일링 과정에서 발생할 수 있는 여러가지 치료 상황들 즉 스케일링만을 하는 경우 및 치아에 대한 드릴링을 하는 경우와 같이 다양한 상황에 따라서 적합한 햅틱 피드백을 제안하고 이를 Sensable 사의 PHANTom Omni 디바이스를 사용한 워크 벤치 시스템을 제안 하였다[7, 8]. 제안한 논문들의 경우 인간의 뼈나 치아에 알맞은 햅틱 역감을 모델링하고 수술 과정의 부분들에 적합한 햅틱 인터페이스를 개발한 시스템을 제안했다는 장점들이 있지만, 소동물의 슬개골 같은 경우는 위의 논문들 보다 훨씬 더 연약하고 부쉬 지기 쉬운 특징을 가지고 있다는 점에서 소동물의 슬개골 드릴링 수술에 적합한 방법이 필요한 상황이다.

### 3. 슬개골 수술 햅틱 시뮬레이터

#### 3.1 시스템 구성

본 논문에서 제안한 슬개골 수술 시뮬레이터는 다음의 그림 2 와 같은 구조로 이루어진다. 먼저, 슬개골 수술 시뮬레이션에서 가상 드릴의 입력 및 햅틱 피드백에 의한 출력력을 담당하는 햅틱 인터페이스는 SensAble 사의 PHANTom Omni 를 사용하였으며 그림 2 에 있는 햅틱 관리 모듈을 통해서 사용자로부터 입력 받은 3 차원 좌표를 처리하는 좌표 관리 모듈 과 입력 동작들이 슬개골의 3 차원 모델과 연동이 이루어져서 역감 생성 모듈과 연동이 이루어진다. 이후 슬개골에 대한 드릴링에 대한 시뮬레이션을 계산하는 시뮬레이션 모듈을 통해서 사용자에게 동물의 슬개골을 뚫을 때 발생하는 Force Feedback 을 제공하고, 수술의 성공 여부 및 개선사항에 대한 평가를 훈련 관리 모듈을 통해서 제공해준다. 한편 햅틱 피드백의 경우에는 슬개골의 모델과 햅틱 인터페이스를 활용한 Voxmap-Point Shell 알고리즘에 기반한 Force Feedback 을 모델링 하였다[12].

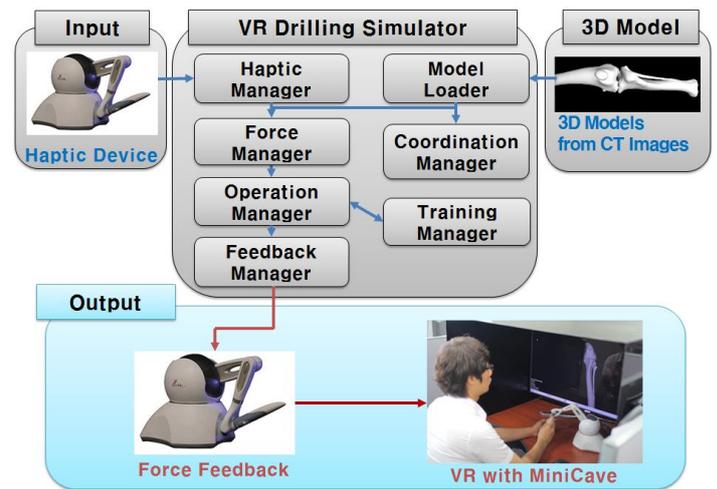


Figure 2 제안하는 시스템의 구성도

#### 3.2 슬개골 햅틱 모델링

본 논문에서는 소동물의 슬개골의 구조 및 이들의 특성을 반영한 햅틱 렌더링 모듈을 설계하였다. 슬개골의 구조는 다음의 그림과 같다. 슬개골은 무릎의 앞쪽에 위치한 뼈로 무릎의 관절을 구성하며 다리를 굽히게 할 수 있도록 하는 역할을 한다. 이 슬개골의 내부를 보면 그림 3 과 같이 피질골과 수질골로 이루어져 있는데, 피질골은 뼈의 겉부분으로 매우 단단한 조직으로 구성되어 있어 드릴링을 하는 과정에서 강력한 저항하고, 수질골은 뼈의 내부 조직으로 연골과 같은 부드러운 조직으로 구성되어 있다.

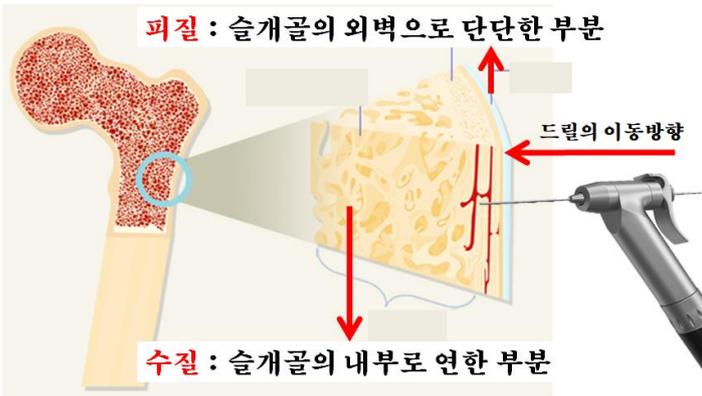


Figure 3 슬개골의 구조 및 드릴링 수술 과정

본 논문에서 제안한 슬개골의 드릴링 시뮬레이션에 대한 햅틱 피드백을 모델링 하기 위해서는 슬개골 구조에 대한 이해가 필요하다. 그림 3 과 같이 드릴이 슬개골을 뚫는 과정에서 강력한 역감을 가지는 피질골을 뚫는 과정이 이루어지고 가장 강한 반력을 받게 된다. 이때 햅틱 인터페이스가 받는 반력  $F_{cortex}$  의 경우에는 다음의 수식 (1) 과 같이 드릴이 슬개골을 뚫고 들어오는 위치 Point(i) 로 부터 피질이 가지고 있는 강성계수(c)와 드릴 역할을 하는 햅틱 인터페이스로부터 받는 힘(N)의 곱으로 계산할 수 있다. 한편, 수질의 반력  $F_{medulla}$  는 피질보다 훨씬 더 적은 반력을 가진다. 이를 표현하는 수질의 강성계수(m)을 설계하였으며 피질과 수질의 강성 계수는 수술 경력 10 년이상전문의가의 노하우를 반영하여 실제 슬개골 수술시의 피드백을 재현한 모델링 작업을 수행하였다. 다음의 그림 4는 슬개골 드릴링을 할 때 피질과 수질에 대한 반력 그래프이다. 드릴링의 경우 피질을 관통한 다음 수질을 관통하고 다시 피질을 관통해야 하는 특성을 가지고 있다. 본 논문에서는 슬개골 수술 전문가가 만들어진 반력 모델링을 지속적으로 테스트를 하면서 다음의 그림 4와 같은 형태의 그래프로 모델링을 하였다.

$$\begin{aligned}
 F_{cortex} &= \sum c_i N_i \\
 F_{medulla} &= \sum m_j N_j
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

c: 피질의 강성 (Stiffness)

m: 수질의 강성 (Stiffness)

i: 피질의 Point

j: 수질의 Point

N : Haptic Interface 로 부터 입력되는 힘의 방향

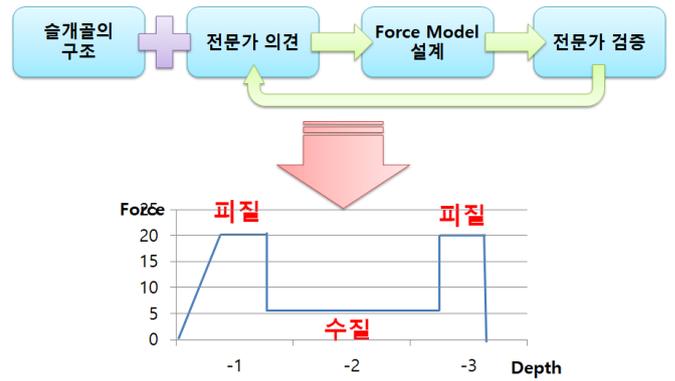


Figure 4 슬개골의 깊이에 따른 반력 모델링

본 논문에서 제안한 슬개골 드릴링 시뮬레이션을 사용자들이 효과적으로 수행하기 위해서 수술 시뮬레이션에 집중할 수 있는 케이브형태의 워크 벤치를 구성하였다. 제안한 워크벤치의 경우는 다음의 그림 5와 같이 47 인치 대형 LCD 디스플레이 및 검은색 케이브형태의 철로 구성되며, 사용자는 여기서 수술 화면을 보면서 동시에 Sensable PHANTOM Omni 인터페이스를 사용하여 수술 시뮬레이션을 수행한다.

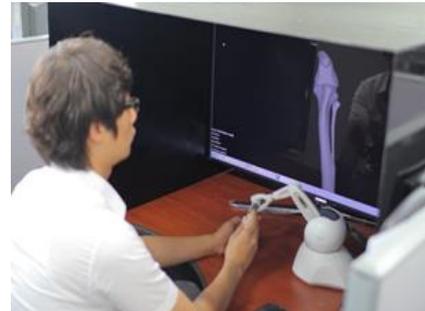


Figure 5 사용자의 집중을 위한 미니케이브 형태의 워크벤치

## 4. 실험 및 평가

본 논문에서 제안한 가상현실 기반 슬개골 드릴링 시뮬레이터에 대해서 드릴링 수술 과정에 대한 실재감을 평가하기 위해서 슬개골 드릴링 수술 경험이 풍부한 건국대학교 수의과대학의 수의사들 10 명을 대상으로 실험을 진행하였다. 실험은 본 논문에서 슬개골 드릴링 수술 시뮬레이션을 10 회를 진행한 후 사용자에게 대한 만족도 평가를 수행하였다. 다음의 표 1 은 사용자에게 대한 9 가지의 평가 항목이다.

Table 1 슬개골 수술 시뮬레이터의 사용자 평가 항목

순번	사용자 평가 항목
1	슬개골 수술에 사용된 이미지는 실제 이미지와

	비슷하다
2	햅틱 인터페이스의 모습과 사용 방법은 수술용 드릴의 사용 방법과 거의 유사하다
3	뼈를 관통하는 느낌은 실제 실험과 유사하다
4	햅틱 인터페이스를 사용하는 것이 슬개골 수술훈련에 도움이 된다
5	MiniCave 가 수술에 집중할수 있도록 도움이 된다
6	슬개골 반대편 골피질 통과를 인지할수 있어서 과도한 삽입을 방지할수 있다
7	골 드릴링의 느낌을 배울수 있었다
8	슬개골 드릴링 시뮬레이터를 사용하여 훈련하는데 편리했다
9	슬개골 드릴링 시뮬레이터가 교육 및 훈련에 도움이 될 수 있다

실험에 참가하는 실험자들은 충분한 교육 과정을 거친 후에 실험을 수행하였다. 실험을 마친 사용자는 표 1 에 언급된 9 가지 사용자 평가 항목을 작성하였으며 5 점 점수 척도로 답변을 하고 나서 사용자 인터뷰를 수행하였다. 이후 사용자들의 답변 결과에 대해서 본 논문에서는 One-Tailed Test 를 진행하여 사용자들의 답변이 통계적으로 유의한지를 평가를 하였다. 실험에 사용된 One-Tailed Test 에서 가설에 대한 평균차는 3 이다.

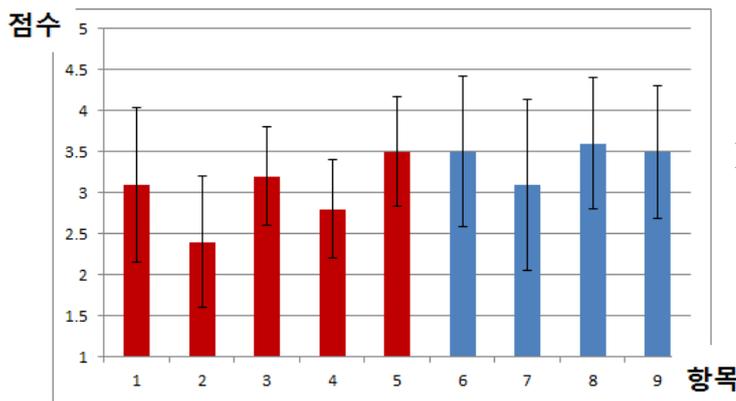


Figure 6 슬개골 드릴링 시뮬레이터의 실제감과 교육적 효과에 대한 사용자 평가 결과와 표준편차

다음의 그림 6 은 10 명의 사용자들에 대한 평균 사용자 평가 결과를 보여준다. 실험 결과들은 대체로 긍정적인 결과 였지만 One-Tailed Test 결과 통계적으로 유의미한 결과를 보여주는 부분 ( $p < 0.05$ )은 표 1 의 2 번, 5 번, 9 번에 대한 항목이다. 사용자들은 그림 1 에 언급된 실제 드릴이 아니라 스타일러스 형태의 햅틱 인터페이스를 사용하는 것에 대해서 실제 수술

환경과는 다르다는 생각을 가지고 있었지만, 슬개골의 드릴링을 할 때 본 논문에서 모델링한 반력에 대한 느낌은 실제와 유사하다는 의견을 가졌으며, 이러한 수술 시뮬레이터를 수의학과 학생들에게 교육을 하는 경우에 매우 유용할 수 있다는 의견을 주었다.

## 5 결론 및 향후 연구과제

동물 의료 훈련은 그 중요성에도 불구하고 수술용 동물 윤리에 대한 인식의 변화 및 법제도의 강화등으로 학생들에게 충분한 실습 교육이 이루어지지 않고 있는 현실이다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해서 소동물의 슬개골 드릴링 훈련을 지원하는 햅틱 인터페이스를 사용한 시뮬레이터를 제안하였다. 제안하는 시뮬레이터는 소동물의 슬개골의 특징에 맞는 햅틱 역감을 모델링 하였으며, 슬개골 수술 경험이 있는 수의사들을 대상으로 시뮬레이터의 효과를 검증하였고 평가 결과 햅틱 인터페이스로 드릴링을 하는 과정과 수술 과정이 슬개골 수술 훈련에 도움이 될 수 있다는 평가를 받았다.

향후 연구로는 슬개골의 인대 및 근육 조직들을 같이 고려한 햅틱 피드백을 모델링하고 다양한 수술 시뮬레이션을 제공할 예정이다. 다음으로 수술 시뮬레이터가 실제 수술 환경과 유사함을 느낄 수 있도록 햅틱 인터페이스의 개조 및 혼합현실 환경에 적용한 시뮬레이터를 개발하고, 이를 실제 수의학 수술 훈련에 적용할 예정이다.

## References

- [1] 한국펫사료협회, “반려동물 보유 현황 및 국민 의식 조사 보고서”, pp.7~8, 2017.
- [2] S. May, “Modern Veterinary Graduates Are Outstanding, But Can They Better?”. 『Journal of Veterinary Medical Education』, Vol. 35, No. 4, University of Toronto Press, pp. 573-580, 2011.
- [3] Z. Bankowski, “INTERNATIONAL GUIDING PRINCIPLES FOR BIOMEDICAL RESEARCH INVOLVING ANIMALS (1985)”, 1985
- [4] D. Morris, C. Sewell, F. Barbagli, K. Salisbury, N. Blevins, S. Girod, “Visuohaptic Simulation of Bone Surgery for Training and Evaluation”, 『IEEE Computer Graphics and Applications』, Vol. 26, No. 6, IEEE Journals & Magazines, 2006.
- [5] D. Morris, C. Sewell, N. Blevins, F. Barbagli, K. Salisbury, “A

Collaborative Virtual Environment for the Simulation of Temporal Bone Surgery”, 『Proc MICCAI』, Vol. 3217, Springer-Verlag LNCS, 2004.

[6] M. Tsai, M. Hsieh, C. Tsai, “Bone Drilling Haptic Interaction for Orthopedic Surgical Simulator”, 『Computers in Biology and Medicine』, Vol. 37, No. 12, Elsevier 2007.

[7] K. Kim, Y. Park, J. Park, “Volume-based Haptic Model for Bone-Drilling”, 『IEEE International Conference on Control, Automation and Systems』, Vol. 1, IEEE Conference Publications, 2008.

[8] 류제하, 박진아, 김정, 최희병, “IT의료융합 의료 시뮬레이터 기술 동향”, 『정보과학회지』, 제28권(7호), 정보과학회지, 2010.

[9] 이준, 서안나, 김원중, 김지인, 이승연, 엄기동, “증강현실 기술을 사용한 동물 의료 훈련용 정맥 주사 훈련 시뮬레이터”, 한국 HCI학회 논문지, vol 7, no. 2, pp. 25-34, 2012.

[10] 김원중, “수의학 훈련을 위한 시뮬레이션 시스템의 실재감에 대한 연구“, 건국대학교 석사학위 논문, 2014.03.

[11] S . Lee, J . Lee, A . Lee, N . Park, S . Lee, S . Song, A . Seo, H . Lee, JI . Kim, K. Eom, “Augmented reality intravenous injection simulator based 3D medical imaging for veterinary medicine“, Veterinary Journal, vol. 196 no. 2, pp.197-202, 2013.

[12] 김석, 박진아, “햅틱 렌더링을 위한 거리 영역과 포인트 클라우드 기반의 실시간 변형체 충돌 검사”, 한국정보과학회논문지, 제38권(7호), 정보과학회지, 2011.

## < 저자 소개 >



이준

- 2004년 건국대학교 컴퓨터공학과 졸업 (공학사)
- 2006년 건국대학교 대학원 컴퓨터정보통신학과 졸업 (공학석사)
- 2012년 건국대학교 신기술융합학과 iT전공 졸업 (공학박사)
- 2012-2013.07 건국대학교 유비쿼터스 정보기술연구원 및 HCI 연구실 Post Doc
- 2013.08-2015.03 Nanyang Technological University Institute for Media Innovation Research Fellow
- 2015.04-2017.02 한국과학기술연구원 로봇연구단 위촉연구원
- 2017.03-현재 호서대학교 컴퓨터정보공학부 조교수.
- 관심분야: 협업가상환경, 인간-컴퓨터 상호작용
- <https://orcid.org/0000-0002-8073-0809>



엄기동

- 1989년 서울대학교 수의학과 학사
- 1991년 서울대학교 임상수의학 석사
- 1993년 서울대학교 임상수의학 방사선학 박사
- 2002-2006년 경북대학교 영상진단학 조교수
- 2006-현재 건국대학교 방사선 및 영상진단학과 교수
- <https://orcid.org/0000-0001-5032-5311>



서안나

- 1997년 서남대학교 전산통계학과 (이학사)
- 2001년 건국대학교 대학원 컴퓨터정보통신학과 (공학석사).
- 2001년-2012년 건국대학교 컴퓨터정보통신학과 (공학박사)
- 현재 가천대학교 의예과 연구교수
- 관심분야: 의료 영상 처리, 가상현실, 3D Printing, 인간-컴퓨터 상호작용
- <https://orcid.org/0000-0001-7332-5031>