creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000266272

2017년 8월

석사학위논문

Leap Motion을 이용한 가상 견관절 관절경 수술

조 선 대 학 교 대 학 원

의 학 과

전 용 철

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Leap Motion을 이용한 가상 견관절 관절경 수술

A Virtual Arthroscopic Shoulder Surgery Using Leap Motion

2017년 8월 25일

조 선 대 학 교 대 학 원

의 학 과

전 용 철

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Leap Motion을 이용한 가상 견관절 관절경 수술

지도교수 문 영 래

이 논문을 의학 석사학위신청 논문으로 제출함

2017년 4월

조 선 대 학 교 대 학 원

의 학 과

전 용 철

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

전용철의 석사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 손 홍 문 (인)

위 원 조선대학교 교수 이 광 철 (인)

위 원 조선대학교 교수 문 영 래 (인)

2017년 5월

조 선 대 학 교 대 학 원

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

ABSTRACT ---------- iv

서론 ---------- 1

1. Leap motion ---------- 1

2. Medical application ---------- 2

대상 및 방법 ---------- 3

1. Surgical simulation ---------- 3

2. Assessment ---------- 4

결과 ---------- 5

고찰 ---------- 6

결론 ---------- 8

참고문헌 ---------- 9

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표목차

Table 1. A questionnaire about user satisfaction of the virtual arthroscopic shoulder surgery ---------- 11

Table 2. The result of a questionnaire ---------- 12

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

도목차

Fig. 1. Leap motion device ---------- 13

Fig. 2. Schematic image of 3-dimentional virtual shoulder arthroscopic surgery ---------- 14

Fig. 3. Schematic image of hover zone(anterior space) and touch zone(posterior space) in leap motion ---------- 15

Fig. 4. Schematic image of touch surface in the air ---------- 16

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

A Virtual Arthroscopic Shoulder Surgery Using Leap Motion

Jun Yong Cheol

Advisor : Prof. Moon Young Lae

Department of Medicine,

Graduate School of Chosun University

Introduction: Since the real human field of view is stereoscopic, it had been necessary that surgeons had to process stereoscopic reconstructions with 2D images. However, due to the enhanced 3D visualization, surgeons could reduce these procedures and as a result they have been able to shorten significant time for making decisions in complex situations. Especially, 3D images derived from medical devices provide advanced information. It can help the clinicians to understand human body motion easily and make an effective decision.

Material and Methods: Based on the 3D image data sets, virtual medical simulations, such as virtual endoscopy, surgical planning, and real-time interactions, have become possible. For example, a leap motion which can recognize the hand gestures in the form of 3D motion that can perform the motion control analysis using application. Using this leap motion, a surgeon can perform the virtual shoulder arthroscopic surgery skillfully and reduce mistakes in surgery. The simulation using leap motion shows two screens for virtual surgery simulation. The first

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

screen shows the patient's shoulder to be operated and arthroscopic portal. And the second screen shows a three-dimensional image of a ruptured rotator cuff through an arthroscopy. When the surgeon catches the arthroscope and the instrument with both hands, the leap motion recognizes the movement of both fingers. The image on the second screen changes according to the direction of the arthroscope. We conducted a questionnaire survey on the simulation and shoulder structure model in 10 medical students and 10 Interns in our hospital who did not have experience of shoulder arthroscopic surgery in the past. It included accuracy, traceability and utilization. Twenty users were allowed to experience both leap motion simulation and shoulder structure model.

Results: The simulation results were satisfactory with 80% or more of the accuracy and traceability, and 60% of the utilization compared with the shoulder structure model. The simulation using leap motion showed anatomically satisfactory images such as texture, color and three - dimensional image representation, and it was found that tracking motion on both fingers is relatively natural. The better the simulation, the better the results seems to be.

Conclusion: By supplementing the simulations developed so far, it can be judged that pre-rehearsal or repetitive practice is possible and can be used for educational purpose. A virtual arthroscopic shoulder surgery using leap motion may be helpful for surgeons in learning a skillful technique.

Keywords: Leap motion, Virtual surgery, 3D motion, Motion analysis

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

서 론

자연스러운 사용자 조작환경이라고 할 수 있는 NUI(natural user interface)는 마우스나 키보드와 같은 간접적인 입력장치를 이용하지 않고 센서를 이용하여 신체를 바로 입력장치로 사용한다. 이러한 이유로 NUI는 CLI(command line interface)나 GUI(graphic user interface)에 비해 손쉽게 사용할 수 있다는 특징을 갖는다. NUI 의 영역에는 voice interface, sensory interface, touch interface, gesture interface 등이 있고 NUI의 요소 기술 중 제스처 인식 사용자 인터페이스는 NUI의 다른 사용자 인터페이스에 비해 보다 직관적이고 간단하다.[1-3] 본 논문에서는 손동작을 3D 형태로 capture 하여 분석 후 애플리케이션에서 모션 컨트롤을 수행할 수 있는 장치인 leap motion을 이용하여 가상 견관절 관절경 수술 모델을 제안한다.

1. Leap motion

Leap motion 은 NUI(natural user interface) 중 하나로 gesture interface 는 사용자의 움직임을 센서 또는 카메라로 분석하여 사용자의 의도를 시스템이 이해하고 반응하는 기술이라고 할 수 있다. Gesture interface 의 작동절차는 다음과 같다. 먼저 사용자의 움직임을 3D형태로 capture 하여 인식한다. 그 후에 사용자가 어떤 명령을 의도했는지 파악하여 그 결과를 애플리케이션에 전달하면 애플리케이션에서 이를 바탕으로 명령을 수행하게 된다.[4] 한편, 손 동작을 인식하기 위한 gesture interface는 고감도 센서를 필요로 하는데 leap motion 이 그 한 종류이며, 3D 모션 컨트롤러로 2개의 적외선 카메라와 3개의 적외선 LED로 구성되어 있으며 멀티터치와 같은 효과를 낼 수 있는 모션 컨트롤 기능을

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

지원하는 장치다(Fig. 1). 본체의 프레임은 금속 재질을 사용하고 있다. 전면에는 전원 LED가 들어갔고 모션 센서는 본체 상단에 탑재했는데 전원이 연결되면 상단에 3개의 붉은 점이 빛나면서 3D 모션 센서가 동작하고 있음을 보여준다. Leap motion 의 터치입력 동작 원리는 모션 센서 위에 가상의 터치 표면을 만들고 사용자의 손가락 움직임을 감지해서 포인트를 이동하게 된다. 본 연구에서는 leap motion 을 이용한 gesture interface를 Unity 를 이용하여 구현하였다.

2. Medical application

영상 가이드 수술(3D image guided surgery)는 미리 촬영해 둔 환자의 MRI 나 CT 영상 등의 데이터를 mimic라는 프로그램을 이용하여 3차원 입체화 하여 환자의 기관이나 조직들을 구분해 가시화하여 보여준다.[5,6] 이러한 3차원 입체영상은 연속으로 촬영된 CT나 MRI의 2D 단면을 surface rendering 과 volume rendering 이라는 3D reconstruction technique 을 이용하여 만들 수 있다.[7] CT를 이용하여 사람의 뼈를 3차원으로 재구성할 수 있으며 MRI를 이용하여 연골, 근육 등 신경 등을 명확히 재구성할 수 있다. CT와 MRI를 조합하여 좀더 정확히 3차원으로 재구성할 수 있으며 CT를 이용하여 골(bone) 에 대해서 3차원적 이미지를 만들어 골절의 진단 및 치료계획을 세우는데 많이 이용하고 있다.[8-11] 본 논문에서는 이러한 3D 영상기술 및 비접촉 동작인식의 핵심인 leap motion 을 이용하여 견관절 회전근개 파열에 대해 관절경을 이용하여 봉합술을 가상으로 해볼 수 있는 가상수술 시뮬레이션을 제안한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

대상 및 방법

1. Surgical simulation

가상 수술 시뮬레이션은 두 개의 화면을 보여준다(Fig. 2). 첫 번째 화면에는 관절경이 보여주는 파열된 회전근개, 관절경 및 수술에 필요한 기구를 3차원으로 만든 이미지가 보이고 두 번째 화면에는 환자의 수술할 어깨를 보여준다. 술자가 양 손으로 관절경 및 기구를 잡으면 leap motion이 양 손가락의 움직임을 인식하여 손가락 및 손의 움직임에 따라 기구가 두 번째 화면 에서 술자가 원하는 방향으로 움직이게 된다. 첫 번째 화면에는 주요 관절경 삽입구(Portal)을 표시한 환자의 어깨가 보이고 술자가 투관침(trocar)을 이용하여 삽입구를 뚫은 후 관절경을 진입하면 두 번째 화면에 삽입구에 진입하는 영상이 보이게 된다. 첫 번째 화면을 scroll 하여 보고자 하는 견관절 내를 볼 수 있게 한다. 두 번째 화면을 scroll 하여 관절경(scope)의 방향을 전환하여 보고자 하는 부위를 화면에 나타낼 수 있도록 한다. 수술 할 부위를 찾은 후 전동 절삭기(shaver)를 잡아 병변에 위치시킨 후 작동시키면 두 번째 화면에서 주위 조직이 변연절제(debridement) 되는 모습을 보여준다. 이를 통해 술 전에 혹은 경험이 없는 술자가 수술을 미리 연습해 볼 수 있게끔 하는 것이 이 시뮬레이션의 목적이다. 가상으로 관절경 및 관절경 수술용 기구를 다뤄봄으로써 직접 수술하는 것처럼 수술할 수 있으며, 반복적으로 해볼 수 있다는 장점이 있다.[12] 이는 의사에게 안정적이고, 안전하며, 숙련된 수술 술기를 익힐 수 있게 해준다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. Assessment

현재까지 만들어진 시뮬레이션을 바탕으로 과거에 견관절 관절경 수술의 참관 경험이 없는 의과대학 임상실습생 10명과 본원 인턴 10명 총 20명을 대상으로 시뮬레이션과 기존에 있던 견관절 구조모형 간의 비교설문을 하였다(Table 1). Leap motion 시뮬레이션 그리고 견관절 구조모형을 같은 날 체험할 수 하게 실험을 구성하였고 leap motion 시뮬레이션 그리고 견관절 구조모형을 각각 1일 1회로 3일 동안 1회 20분씩 총 1시간에 걸쳐 직접 사용해보게 하였다. Leap motion 시뮬레이션이 설치된 컴퓨터 앞에 앉아 양 손을 이용하여 영상의 질감, 해상도 및 양 손가락의 움직임을 센서가 잘 인식하는지 여부 등에 대해 확인할 수 있도록 하였고 자연스러운 관절경의 삽입 및 정확한 견관절의 관절 내 구조 표현에 대해 평가하였다. Leap motion 시뮬레이션에 대해 평가를 한 후 견관절 구조모형에서도 동일하게 하루 1회로 3일 동안 1회 20분씩 구조모형을 사용해볼 수 있게 하였다. 기존 견관절 구조 모형에 초소형 카메라를 설치하였고 관절경을 삽입해 볼 수 있게 하였습니다. 관절경의 삽입시 카메라를 통해 견관절 내부 구조를 볼 수 있게 하였고 관절경을 통해서도 견관절 내부 구조를 관찰할 수 있게 하였습니다. 시뮬레이션과 구조모형의 체험이 끝난 후 설문조사를 하였고 해상도, 정확도, 추적도, 질감 그리고 활용성을 설문항목으로 하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

결 과

Leap motion 시뮬레이션은 해상도에서는 88%로 33%의 견관절 구조 모형에 비해 좋은 결과를 보였고 정확도 및 추적도에서는 82%로 26%의 견관절 구조 모형에 비해 만족할만한 설문 결과를 얻었다. 견관절 구조모형과 비교한 질감에서는 63%, 활용성에서도 65%로 견관절구조모형에 비해 더 나은 결과를 보였다. 그 외 leap motion 시뮬레이션은 관절경의 삽입시 좀 더 실제로 해보는 것 같다는 평가를 받았으며 해부학적으로 만족스러운 이미지를 보여주며, 손가락 움직임의 추적도 비교적 자연스럽다 라는 평가를 받았다. 질감이나 활용성에서 견관절 구조모형에 비해 좋은 결과를 보였지만 60% 정도의 결과를 얻었고 해상도, 정확도 및 추적도에서 80% 수준의 만족도를 보였는데 이는 Leap motion 시뮬레이션이 보완될수록 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 보인다(Table 2).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

고 찰

Leap motion은 모션 센서의 인식 범위가 평면이 아닌 입체라는 특징을 이용해 센서의 앞부분은 포인터가 이동하는 호버 존(hover zone), 뒷부분을 터치입력이 되는 터치 존(touch zone)으로 구성했다(Fig. 3, 4). 호버 존에서 움직이는 손가락을 앞으로 누르면 터치가 되는 가상 터치 방식으로 터치 센서와 동일한 동작이 가능하다. 하지만 직접 스크린을 만지는 터치센서와 달리 모션 센서는 가상의 빈 공간 위를 움직이기 때문에 포인터 이동은 가능해도 이를 클릭하는 동작을 구현하기 힘들다. 별도의 보조 장치 없이 사람의 손 모양과 움직임을 센서로 인식하기 때문에 손의 방향과 손가락 위치에 따라 포인트가 수시로 생겼다가 사라지는 현상이 있고, 멀티 터치센서 기능은 호버 존과 터치 존의 구분이 애매하기 때문에 학습 과정을 거쳐야 오작동을 줄일 수 있을 것으로 보인다. 현재 수술장에서 쓰는 PACS(의료 소프트웨어)에 동작 인식 기술을 적용한 비접촉 동작인식 프로그램 '제스처 훅(gesture hook, 서울아산병원 융합의학과 김남국 교수팀)이 최근 개발되었다.[13] 센서를 통해 들어오는 정보를 인식하는 기술과, 이렇게 인식된 동작을 키보드나 마우스가 작동되는 것처럼 바꿔서 모든 프로그램을 제어할 수 있게 하는 후킹(hooking) 기술을 활용하였다 라고 하였다. 이를 이용하여 손을 허공에서 움직이고, 누르고, 주먹을 쥐는 등의 동작으로 키보드나 마우스를 사용하는 것처럼 환자의 필요한 검사영상을 검색 및 확대할 수 있고 화면을 회전하고, 밝기·대비·투명도를 조절하며 의료 영상 조회시스템을 제어할 수 있다고 "minority report" tech meets the operating room 라는 제목으로 국제전기전자기술자협회의 매거진 IEEE spectrum에 소개되었다. Leap motion 은 10개 손가락의 포인트를 계속 유지해야 한다는 번거로움 및 그 한계가

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

있고 이동과 터치 동작에 대한 정밀한 보정이 필요하지만[12] 개선되고 보완된 시뮬레이션들이 개발되고 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

결 론

Leap motion 을 이용한 시뮬레이션은 질감이나 색상 및 3차원적 이미지 표현 등 해부학적으로 만족할만한 이미지를 표현해내었고 양 손가락에 대한 움직임의 추적도 비교적 자연스럽다 라는 결과를 얻었으며 기존 견관절 구조모형에 비해 활용도에서 더 나은 평가 결과를 얻었다. 3D reconstruction technique 과 gesture interface 를 결합한 시뮬레이션들이 개발이 되고 있으며 관련 기술도 발달하는 추세이다. 현재까지 개발된 시뮬레이션을 좀 더 보완한다면 술 전 예행 연습 혹은 반복적인 실습이 가능하여 교육 목적으로 사용이 가능하리라 판단할 수 있다. 3차원 영상기술 및 센서를 이용한 비접촉 인터페이스 통해 만든 가상현실 견관절 시뮬레이션은 의사가 숙련된 술기를 익힐 수 있도록 하는데 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

참고문헌

1. Lee SS, Lee KP. A model of natural user interface design. HCI 2011. 2011.

2. Hofmeester K, Wixon D. Using metaphors to create a natural user interface for microsoft surface. CHI'10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. 2010.

3. Lim CJ, Jeong YG: A Study on the Usability Test of Gesture based NUI. Rehabilitation Engineering And Assistive Technology Society of Korea 2013;183-7.

4. Weichert F, Bachmann D, Rudak B, Fisseler D: Analysis of the accuracy and robustness of the leap motion controller. Sensors 2013;13:6380-93.

5. Wicky S, Blaser PF, Blanc CH, Leyvraz PF, Schnyder P, Meuli RA: Comparison between standard radiography and spiral CT with 3D reconstruction in the evaluation, classification and management of tibial plateau fractures. European Radiology 2000;10:1227-32.

6. Apreleva M, Özbaydar M, Fitzgibbons PG, Warner JJ: Rotator cuff tears: the effect of the reconstruction method on three-dimensional repair site area. Arthroscopy 2002;18:519-26.

7. Lee YS, Seon JK, Shin VI, Kim GH, Jeon M: Anatomical evaluation of CT-MRI combined femoral model. Biomed Eng Online 2008;7:6.

8. Chaoui J, Hamitouche C, Stindel E, Roux C. Recognition-based segmentation and registration method for image guided shoulder surgery. 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS. 2011.

9. Cho SW, Jharia TK, Moon YL, Sim SW, Shin DS, Bigliani LU: Three-dimensional

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

templating arthroplasty of the humeral head. Surg Radiol Anat 2013;35:685-8.

10. Huang YX, Jin LZ, Lowe JA, et al: Three-dimensional reconstruction of the superior mediastinum from Chinese Visible Human Female. Surg Radiol Anat 2010;32:693-8.

11. von Eisenhart-Rothe R, Mayr HO, Hinterwimmer S, Graichen H: Simultaneous 3D assessment of glenohumeral shape, humeral head centering, and scapular positioning in atraumatic shoulder instability: a magnetic resonance-based in vivo analysis. Am J Sports Med 2010;38:375-82.

12. Hui BS, Bae LJ, Hyun-ho S: Edutainment content production utilizing the leap motion device. Jounal of korea contents association 2015;345-6.

13. Park BJ, Jang T, Choi JW, Kim N: Gesture-controlled interface for contactless control of various computer programs with a hooking-based keyboard and mouse-mapping technique in the operating room. Computational and Mathematical Methods in Medicine 2016;2016:

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 1. A questionnaire about user satisfaction of the virtual arthroscopic shoulder surgery

가상 견관절 시뮬레이션 사용자 만족도 설문 조사	만족도(1-5point)
1. 해상도 관련 질문	
A. 화면에 표시되는 의료영상의 이미지가 선명합니까?	
B. 화면에 표시되는 의료영상이 책에서 보는 것 보다 선명합니까?	
C. 의료영상이 움직일 때도 이미지가 선명하게 보입니까?	
D. 의료영상이 작은 것들도 선명하게 구분이 됩니까?	
2. 정확도 및 추적도 평가	
A. 본 시뮬레이션이 환부를 정확하게 표현하였습니까?	
B. 움직임에 대한 추적은 정확하게 이루어지는가?	
C. 필요한 영상정보를 정확하게 표현하는가?	
D. 본 시뮬레이션을 사용하는 것이 도움이 되는가?	
3. 질감 정보	
A. 본 시뮬레이션이 견관절 구조모형과 비교해 볼 때 인체에 대해 색상이 더 세밀하게 표현되었다고 생각하십니까?	
B. 본 시뮬레이션이 견관절 구조모형과 비교해 볼 때 인체에 대해 질감이 더 세밀하게 표현되었다고 생각하십니까?	
C. 본 시뮬레이션이 견관절 구조모형과 비교해 볼 때 인체에 대해 전체적인 이미지화가 더 잘 표현되었다고 생각하십니까?	
4. 활용성 평가	
A. 본 시뮬레이션이 수술 교육용으로 사용이 가능하다고 생각하십니까?	
B. 본 시뮬레이션이 기존에 나와 있는 기타 의료 시뮬레이션 보다 전문성이 있다고 생각하십니까?	
C. 본 시뮬레이션이 인체 해부학 정보를 현실적으로 이미지화 했다고 생각하십니까?	
D. 본 시뮬레이션이 환자 수술에 활용할 수 있다고 생각하십니까? (해부학 표현의 정확성을 인지하여 수술에 활용 가능성)	
E. 본 시뮬레이션을 통해 수술시 관절경의 삽입이나 회전근개의 봉합 등 도움이 될 수 있다고 생각하십니까?	
F. 본 시뮬레이션이 환자에게 수술 방법을 설명하는 자료로 활용할 수 있다고 생각하십니까?	

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 2. The result of a questionnaire

구분	만족도	
	Leap motion	견관절구조모형
해상도	88%	33%
정확도 및 추적도	82%	26%
질감	63%	20%
활용성	65%	21%

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 1. Leap motion device

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

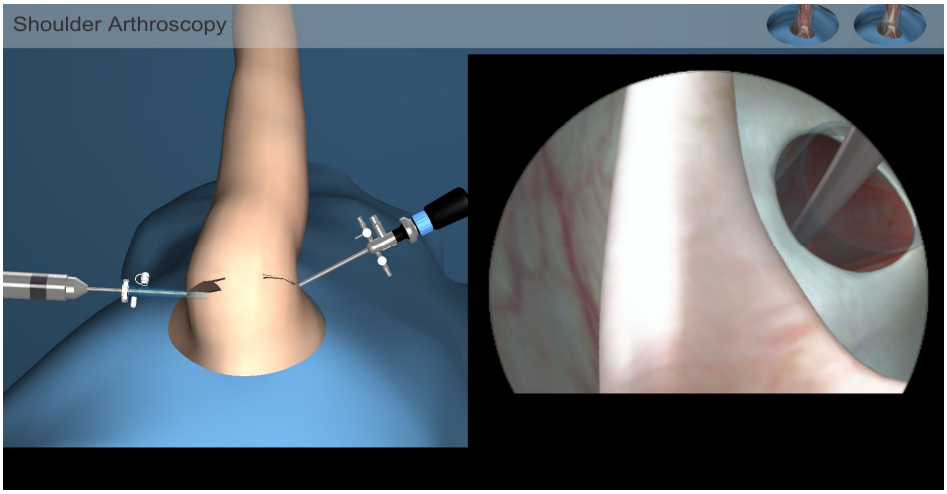

Fig. 2. Schematic image of 3-dimentional virtual shoulder arthroscopic surgery

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

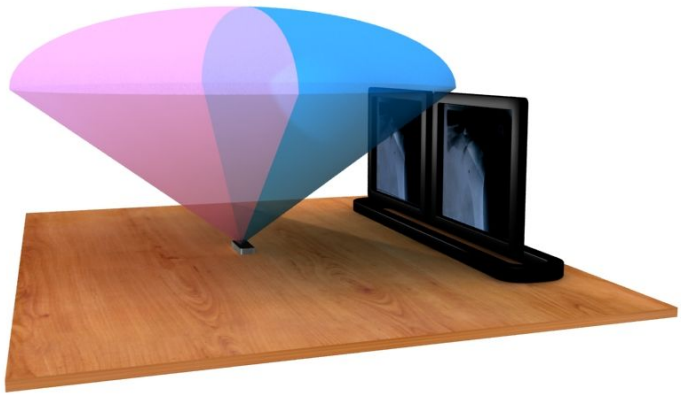

Fig. 3. Schematic image of hover zone(anterior space) and touch zone(posterior space) in leap motion

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

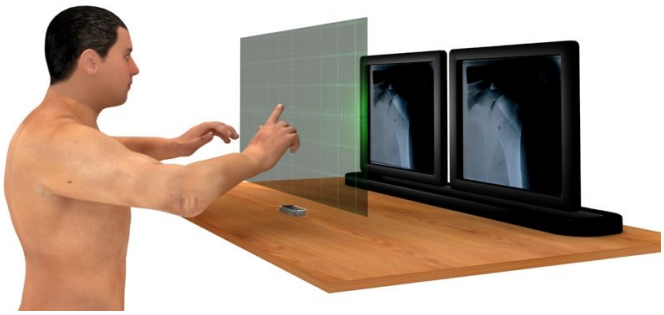

Fig. 4. Schematic image of touch surface in the air

Collection @ chosun