

# 대한정형외과 컴퓨터수술학회 소식지

발행: 대한정형외과 컴퓨터수술학회, 주소: 06351 서울특별시 강남구 일원로 81  
Tel: 02-3410-1226, E-mail: caoskorea2015@gmail.com, 디자인: 우리의학사 02-2266-2752

2018 대한정형외과 컴퓨터수술학회 임원 명단

2019년 주요 해외학회 일정

인사말

대한정형외과 컴퓨터수술학회 회장 이명철

4차 산업혁명 시대의 생활 속 의료 환경의 변화  
조선대학교병원 문영래

정형외과 영역에서의 Virtual Reality Based Simulators  
분당차병원 변성은

ROBODOC 수술의 발전사와 임상적 이용에 관하여  
장산의료재단 이춘택병원 윤성환

2018 CAOS Asia-Pacific 참관기  
빛고을전남대학교병원 정형외과 조규진

CARS2018 학회 참관기  
경북대학교 의료로봇연구소 정상현



## 2018 대한정형외과 컴퓨터수술학회 임원 명단

회 장	이 명 철 (서울대학교병원)		
차 기 회 장	김 신 윤 (경북대학교병원)		
총 무	임 승 재 (성균관외대 삼성서울병원)		
감 사	김 한 수 (서울대학교병원)		
이 사	김윤혁 (경희대학교 공과대학) 노성만 (전남대 화순노인전문병원) 박윤수 (성균관외대 삼성서울병원) 서정탁 (부산의료원) 원예연 (아주대학교병원) 이성재 (인제대 의생명공학부) 이한준 (중앙대학교병원) 장준동 (한림대학교 동탄성심병원)	김정만 (아산총무병원) 문영완 (성균관외대 삼성서울병원) 배대경 (서울성심병원) 송은규 (빛고을전남대학교병원) 오광준 (인천 성민병원) 이우석 (연세대학교 강남세브란스병원) 인주철 (울진군의료원) 정화재 (성균관외대 강북삼성병원)	김한수 (서울대학교병원) 박예수 (한양대학교 구리병원) 서승석 (부산부민병원) 염진섭 (분당서울대학교병원) 유기형 (경희대학교병원) 이주홍 (전북대학교병원) 임홍철 (바른세상병원) 한승범 (고려대학교 안암병원)
학술위원회	위원장: 이한준 (중앙대학교병원) 구승범 (중앙대학교 공과대학) 김성환 (연세대학교 강남세브란스병원) 김정성 (건양대학교 공과대학) 김중중 (분당서울대학교병원) 박장원 (이대목동병원) 송현석 (가톨릭의대 성바오로병원) 왕준호 (성균관외대 삼성서울병원) 장기모 (고려대학교 안암병원) 지형민 (시흥21세기병원)	간사: 박관규 (연세대학교 세브란스병원) 김경태 (서울성심병원) 김유진 (성균관외대 강북삼성병원) 김지완 (울산의대 서울아산병원) 문영래 (조선대학교병원) 백승훈 (경북대학교병원) 신재혁 (한림대학교 동탄성심병원) 이대희 (성균관외대 삼성서울병원) 정상현 (경북대학교 공과대학) 한혁수 (서울대학교병원)	김상민 (고려대학교 구로병원) 김인성 (한림대학교 동탄성심병원) 김태영 (건국대학교병원) 박용범 (중앙대학교병원) 송상준 (경희대학교병원) 신충수 (서강대학교 공과대학) 임영욱 (가톨릭의대 서울성모병원) 조환성 (분당서울대학교병원)
보험위원회	위원장: 오광준 (인천 성민병원) 박용범 (중앙대학교병원) 정호중 (장호원 성모병원)	윤성환 (이춘택병원)	윤정로 (중앙보훈병원)
편집위원회	위원장: 유기형 (경희대학교병원) 강경중 (경희대학교병원) 박관규 (연세대학교 세브란스병원) 신종근 (전남대병원)	강현귀 (국립암센터) 배지훈 (고려대학교 구로병원) 신재혁 (한림대학교 동탄성심병원)	김인성 (한림대학교 동탄성심병원) 송상준 (경희대학교병원) 이승준 (부산대학교병원)
전임회장 및 자문위원	노성만 (전남대 화순노인전문병원) 정영복 (남양주 현대병원) 임홍철 (바른세상병원) 서정탁 (부산대학교병원)	인주철 (울진군의료원) 배대경 (서울성심병원) 이춘택 (이춘택병원) 박윤수 (성균관외대 삼성서울병원)	김정만 (아산총무병원) 송은규 (화순전남대학교병원) 장준동 (한림대학교 동탄성심병원) 정화재 (성균관외대 강북삼성병원)

## 2018년 주요 해외학회 일정



1. CAOS International, June 19–22, 2019 (New York, USA)



2. CARS, June 17–21, 2019 (Rennes, France)

# 대한정형외과컴퓨터수술학회(CAOS KOREA) 회원 여러분께



대한정형외과  
컴퓨터수술학회 회장

**이명철**

그 어느 때보다도 무더웠던 여름을 뒤로하고 어느덧 찾아온 결실의 계절 가을의 초입에 개최되는 대한정형외과 컴퓨터수술학회 추계학술대회에 발맞추어 2018년 제2호 소식지를 발행합니다.

최근 의료의 패러다임이 인공 지능, 빅데이터, 가상현실, 3D 프린팅, 로봇공학 등 4차 산업혁명 기술의 발전으로 급속히 변화하고 있습니다. 의료기관들마다 스마트 진료 시스템 구축을 위해 노력하고 있습니다. 이러한 최근 트렌드를 반영하여 이번 소식지에는 4차 산업혁명 시대의 생활 속 의료 환경의 변화, 정형외과 영역에서의 virtual reality based simulators에 대한 최신 지견을 실었습니다.

아울러 ROBODOC 수술의 발전사와 임상적 이용에 대한 소고, 2018 CAOS Asia-Pacific과 CARS 2018 해외학회 참관기를 수록하였습니다.

앞으로도 대한정형외과 컴퓨터수술학회를 통해서 정형외과 분야에서의 최첨단 과학기술의 접목에 대한 심도 깊고 열띤 토론의 장이 될 수 있도록 회원 여러분의 많은 관심과 적극적인 참여를 부탁드립니다.

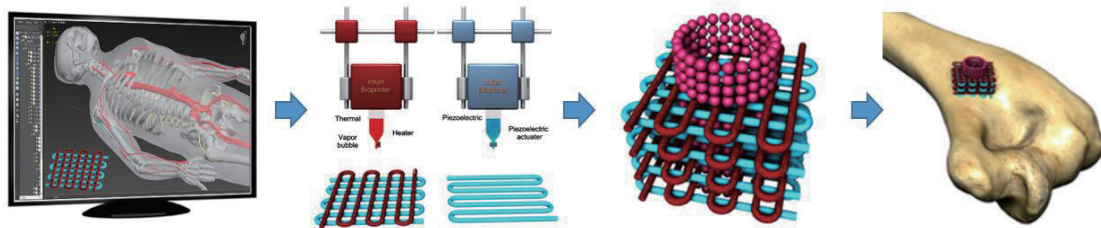
2018년 9월

## 4차 산업혁명 시대의 생활 속 의료 환경의 변화

조선대학교병원 문영래

4차 산업혁명시대의 의료는 인공지능(AI), IOT(사물인터넷), 빅데이터 등의 핵심기술을 기반으로 진료 환경의 개선은 물론, 새로운 치료법을 제시하는 정밀의료를 현실화하고 있다. 왓슨 포 온콜로지(WFO, Watson For Oncology)는 의사들의 정확한 진단 및 치료를 돕는 세계 최초의 암 치료 인공지능 이다. 자연어 형식으로 된 질문들에 답할 수 있는 인공지능 컴퓨터 시스템으로 200여종의 의학 교과서, 290여 종의 의학 저널, 1,200만 쪽의 의학 전문자료를 포함하고 있고 암 환자들의 빅데이터를 수집하여 암 환자를 위한 치료법 제안에 최적화되어 있다. 2016년 12월 가천대병원이 최초로 왓슨을 도입한 이래, 2017년 암환자의 중앙세포와 유전자 염기서열을 분석해 맞춤형 치료법을 추천하는 왓슨 포 지노믹스가 부산대병원에 도입되었다. 그 이외에 진단 처방에 있어 인공지능은 기존의 오진율을 대폭 감소시키고, 신뢰성을 확보하는 방향으로 발전하게 될 것이고 인공지능 기반 이미지 인식 기술은 단 순 방사선 촬영, CT(컴퓨터단층촬영), MRI(자기공명영상) 등 촬영된 이미지의 의사 판독 정확도를 넘어서고 있으며, 학습속도가로 발전하고 있어 정확도는 계속 향상 중이다.

또한 3D 프린터를 통해 맞춤형 의료기기 제조가 가능하게 되었다. 골절 또는 인공관절 치환술의 경우 CT 스캔 및 3D 스캔을 통해 입체이미지를 얻고 골절 부위 혹은 관절강 내에 완벽하게 들어맞는 임플란트를 제작하여 고정하는 것이 가능하게 되었다.



〈Bone defect의 바이오프린팅 치료 과정〉

과거에는 고비용으로 인해 활용할 수 없었던 개인의 유전자 정보에 대한 접근이 쉬워지면서 향후에는 환자 개개인에 최적화된 맞춤 치료가 가능해 질 것으로 보인다. 게놈 편집이라는 기술의 등장으로 자신의 세포를 채취하여 특정 유전자만을 바꾸어서 다시 신체로 넣어주는 유전자 치료가 가능해짐에 따라 개인의 질환 치료나 질환의 예방이 가능해질 것으로 전망되고 있다.

모바일 기기와 IoT(Internet of Things, 사물인터넷) 기술이 발전하면서 의료 서비스는 치료 중심에서 예방 중심으로 변화하게 될 것으로 보인다. 시간과 장소에 구애받지 않고, 개인-병원 간의 커뮤니케이션을 통해 다양한 일상 건강관리서비스가 제공될 수 있어 챗봇이나 블록체인에 의한 환자와 동시에 의료기관의 관리가 가능해진다.

향후 변화하는 사회에서 우린 어떤 대비가 필요할 것인가?

첫째, 질환 관리와 해결의 편리함과 동시에 안전성을 확인해야 하고 둘째, 진화된 사회 시스템에 스마트 의료가 유연하게 접목하도록 기여해야 하며 셋째, 기기가 발전할수록 삶의 질을 향상시키는 감성적 교감을 이루는 소양을 길러야 할 것으로 생각한다.



# 정형외과 영역에서의 Virtual Reality Based Simulators

분당차병원 변 성 은

가상현실(virtual reality, VR)은 컴퓨터 그래픽 등을 이용하여 어떤 특정한 환경이나 상황을 만들어, 사용자가 마치 실제 주변 상황이나 환경과 상호작용을 하고 있는 것처럼 만들어 주는 기술로, 최근 4차 산업혁명과 함께 가장 각광받는 분야 중 하나이다. 2000년대 들어 VR 기술은 게임이나 영화 등 여가활동 영역을 벗어나 다양한 분야에 접목되어 적용되고 있으며, 의학분야에서도 점점 그 적용 분야가 넓어지고 있다. 의료분야에서 VR 기술이 선도적으로 적용되고 있는 분야는 수술 술기 교육(surgical training), 해부학 교육(anatomical education), 재활(physical rehabilitation), 통증 조절(pain management), 그리고 정신질환 치료(treatment of psychiatric disorder) 분야이다. (Table 1.) 이러한 여러 분야 중 현재의 의료 현실에 가장 적합하고 요구도가 높은 부분은 술기 교육을 포함한 의학 교육 영역이라고 할 수 있다.

최근 사회 인식과 의료 환경의 변화에 따라 환자 안전에 대한 의사의 책임이 가중되는 상황에서 수술실에서의 직접적인 경험을 통한 수술 술기 습득이 과거에 비해 제한되는 것이 현실이다. 더하여 2017년 12월 전공의 특별법의 발효로 전공의 수련 시간이 주당 80시간으로 제한되어 실제적인 수련 시간도 부족하게 되었다. 이에 따라 기존의 도제식 교육방법 (master apprentice learning model) 보다 효율적인 수련 방법의 필요성이 대두되고 있다.

수술 술기 교육에 있어서 인체(해부학)에 대한 깊은 이해와 적절한 기구 선택 및 그 조작법, 그리고, 술기에 대한 손끝 감각을 익히는 것이 술자(operator)에 필수적이다. 가상 현실은 골격의 복잡한 3차원적 구조 이해와 기구 조작 경험에 효과적이며, 햅틱 기술 (haptic technology)을 통하여 수술시의 촉각 또한 경험할 수 있다. 또한, VR simulation은 술기 습득 교육 중 실제 환자를 대상으로 하는 실습을 피하고, 실제 환자를 치료하기 전에 연습(실습)을 할 수 있기 때문에 수술 분야에서 특히 장점이 있다. 즉, simulation의 특성 상 교육과정에서 실수를 해도 환자에게 위해가 가지 않기 때문에 ‘실수를 통해 배운다.’는 원칙에 근간한 피교육자 중심의 교육이 가능하다. 또한 VR based simulation은 수술 술기 습득에서 현재 가장 실제적인 교육 방법인 사체 (cadaver)를 이용한 실습을 대체할 수 있어 이와 관련된 장소/장비 등 비용을 줄이고, 질병 전파와 같은 위험을 회피할 수 있다. 이러한 VR based simulation을 이용하여 실제 수술실에서 환자를 대상으로 한 수술을 시행하기 전 피교육자가 일정 수준에 도달할 수 있다. 요약하면, VR simulator의 장점은 인체에 대한 시공간 인식 (visuospatial awareness)을 개발하고, 실습을 통하여 수술장에서 술기를 시행하기 전에 피교육자가 술기에 대한 감각을 익힐 수 있으며, 환자에게 해를 끼치지 않고 수술 및 의사 결정 (decision-making) 기술을 개발할 수 있는, 통제되고 위험이 없는 환경을 제공하는 점이다.

VR을 구현하기 위해 필요한 것은 가상 정보를 만들어 영상표시 장치에 전달할 컴퓨터, 생성된 영상정보를 사용자에게 투사하는 장치, 그리고 사용자와 가상환경의 상호작용을 담당하는 장치로 구성된다(Fig. 1).

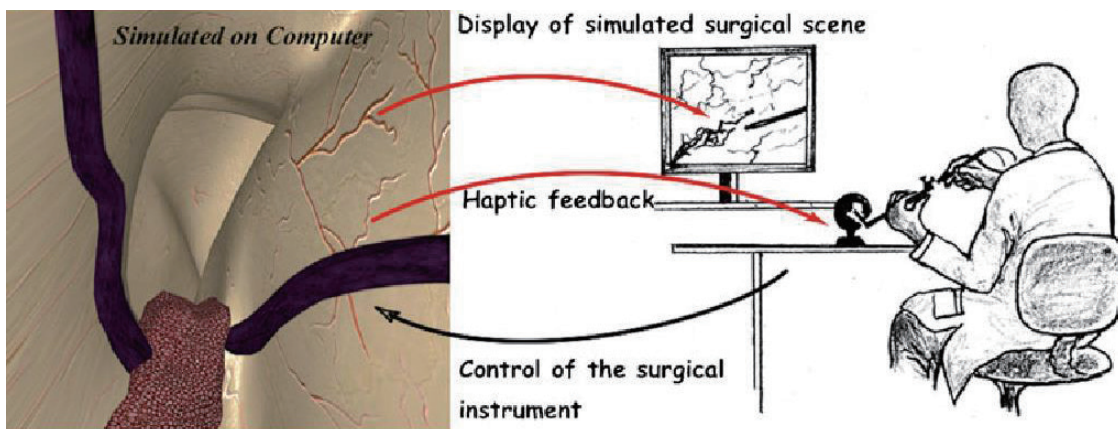


Figure 1. Model of virtual reality based simulator  
Adapt from Cohen et al. Virtual reality simulation: basic concepts and use in endoscopic neurosurgery training (Childs Nerv Syst 2013;29:1235)

VR 기술을 의료 등을 포함한 실제 분야에 적용하기 위한 기본적인 요건은 현실성(reality or immersive technology)이다. 이러한 현실성을 구현하기 위해 '3차원 공간성', '실시간 상호작용', 그리고 '자기 투영성'이 필요하다. '3차원 공간성'은 컴퓨터를 통하여 구성된 공간이 실제로 존재하는 것처럼 느껴지는 것을 말하며, '자기 투영성'은 가상 환경의 방향, 거리감, 깊이 등에 사용자가 몰입해 있는 상태를 말한다. 3차원 영화의 경우 '3차원 공간성'만을 갖고 있고, 3차원 게임의 경우 '3차원 공간성' 및 대상과 사용자 간의 '실시간 상호작용'이 가능하지만, 자기 투영성이 없기 때문에 엄밀한 의미에서는 VR이라 할 수 없다. 하지만, 문헌들에서는 위의 세가지 요소를 모두 갖추고 있지 않은 시스템도 VR로 분류하여 기술하고 있다.

정형외과 분야에서 VR-based simulation은 술기 습득, 의사 결정, 수술 전 계획 수립, 진단 보조, 그리고 실제 수술에 이용되고 있다. 현재 정형외과 분야에서 사용할 수 있는 VR simulator는 크게 Non-interactive simulator와 Interactive simulator로 나눌 수 있다. Non-interactive simulator는 진단을 위해 체적 data (volumetric data)를 시각화하거나, 실제 수술 중 발생가능한 잠재적 오류를 예측하고, 치료 전 대안적 방법을 모색하는데 사용된다. 정형외과 분야에서는 고관절 재전치환술과 같은 복잡한 수술의 계획 수립 등에 이용되고 있으며, 삽입물의 정확한 위치나 크기 등을 확인할 수 있다. (Fig. 2)

Interactive simulator는 수술 술기 교육이나 수술 시 navigation system에 주로 사용된다. Navigation system의 경우 삽입물의 위치뿐만 아니라 삽입 후 안정성, 관절운동 등을 simulation할 수 있으며, 수술 중 골반의 움직임과 기구의 위치를 추적하여 좋은 결과를 얻도록 한다. Visio-haptic feedback을 포함한 interactive simulator의 경우 drilling을 simulation하여 고관절 골절이나 척추 수술 시 나사못 삽입을 연습할 수 있는 모델들이 개발되어 있다. (Fig. 3.)

이러한 효과적인 VR based simulator를 위해서는 실제와 비슷한 환경을 구성하는 것이 중요하다. 이에 기술적으로 가장 문제가 되는 부분이 촉각을 통한 피드백 (tactile feedback)과 관련된 haptic device이다. 밀도 및 촉각의 측면에서 뼈와 같은 불룩한 표면에 대한 느낌은 가상 환경에서 재현하기가 어렵다. 또한 Drilling 같은 경우 현재 사용하는 장치의 반응 속도가 너무 느리기 때문에 drilling 중 발생하는 진동을 구현하기가 어렵고, 1 kHz 미만의 진동만 재현할 수 있다. 따라서, 이와 관련한 문제를 해결하기 위해 기술적 발전이 이루어져야 할 것이다.

이와 더불어 VR based simulation을 통한 술기 교육이 피교육자의 술기를 향상시킨다는 보고들은 있지만, 아직 VR based simulation을 통한 술기 교육이 기존의 방법과 비교해 효과적이라는 연구 결과가 많지 않다. 일례로, 안과 분야에서 VR based simulator의 사용이 술기의 기술적인 완숙도와 술자의 자신감을 향상시키는 데 도움이 되지만, 교육자와 피교육자가 함께 참여하는

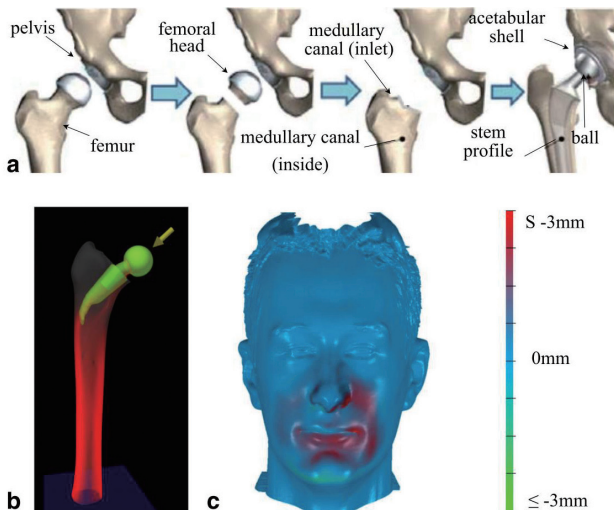


Figure 2. Non-interactive simulators  
 a Polygon-based 3D surgical planning system, b 3D simulation system for hip joint replacement planning, c Framework for facial surgery (Adapt from Ruikar et al, J Med Syst 2018;42:168.)

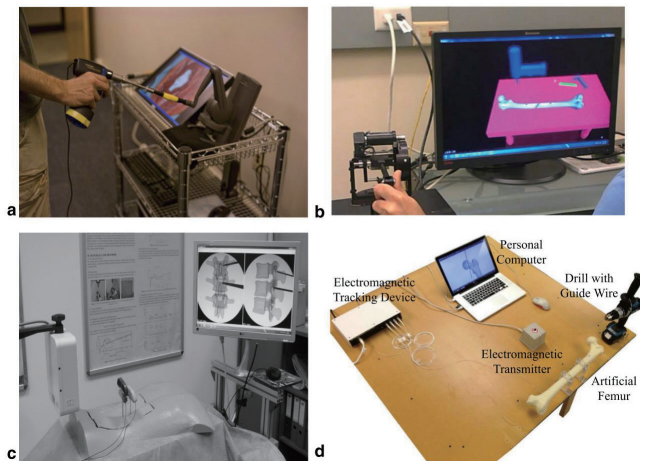


Figure 3. Interactive simulators with visio-haptic device  
 a Visio-haptic orthopedic drilling simulator, b VR-based multi modular simulation environment for LISS surgery, c High fidelity simulator for minimally invasive spine surgery, d Novel orthopedic drilling simulator (Adapt from Ruikar et al, J Med Syst 2018;42:168.)

수술 과정에 대한 리뷰 및 토론 등도 술기 향상에 중요함이 보고된 바 있다. 따라서, 혁신 기술만의 장점에 더하여 기존 교수법의 장점을 아우르는 시스템이 필요하다 할 것이다. 또한, 향후 VR simulator를 통해 습득한 수술 술기가 실제 환자에 대한 술기의 향상으로 연결되는지에 대한 증거를 얻기 위한 연구가 진행되어야 한다. VR을 이용한 훈련을 받은 의사와 기존의 방법으로 교육받은 의사 간 합병증과 실패율을 비교하는 유효성 연구 또한 시행되어야 할 것이다. 의료를 포함한 많은 영역에서 VR의 사용 범위는 갈수록 넓어질 것으로 예상되며, 특히, 인체 구조를 3차원적으로 이해하는 해부학적 지식과 섬세한 술기가 요구되는 정형외과 수술에서의 VR 적용도 증가할 것이다.

Table 1. Current and emerging applications of virtual reality in medicine

Application	Description
Medical/dental surgical training	Training and rehearsing a surgical procedure using surgical instruments linked to a realistic simulation—may or may not include haptic feedback.
Pre-surgical planning	Using 3D radiological images and computer workstation tools to design and plan an operative procedure.
Computer-aided surgery systems	Using 3D images overlaid in real-time on the operating field to facilitate surgery.
Interactive 3d diagnostic imaging	Tools for data analysis and quantitative comparisons—capturing and manipulating medical imaging data in a 3D format. Collaborative environments.
Radiation treatment planning and control	Design of radiation treatment procedure to match patients' anatomy precisely. 3D design and control systems.
Medical education	Case histories, 3D anatomy lessons and virtual cadavers, procedure training, emergency room ward simulation, palpation training, etc.
3D visualization for telemedicine	Radiological image tele-consultation and second opinions, shared data for tumor review boards, remote patient examination, and specialty consults.
Telesurgery	Computer-assisted surgery at a distance. Predictive algorithms, 3D surgical planning.
Rehabilitation and sports medicine	Simulated environments for evaluation and rehabilitation—occupational therapy, physical therapy, ergonomics, orthopedics, and sports medicine.
Disability solutions	Augmented reality environments for treatment of autism and other cognitive impairments. Environmental control systems.
Neurological evaluation	Standardized simulated environments for evaluation of cognitive processing, stroke deficits, memory disorders, movement disorders, and higher-functions.
Psychiatric and behavioral healthcare	Evaluation and treatment of cognitive and behavioral disorders: phobias, anxiety, social affect disorders, attention deficiency hyperactive disorder, post-traumatic stress disorder, and addiction treatment.

Adapt from Greenleaf W. Medical applications of virtual reality. 2004 Available from: <http://bme2.aut.ac.ir/~towhidkhah/MI/Discussion86-1/VR%2520Med%2520overview.pdf>.

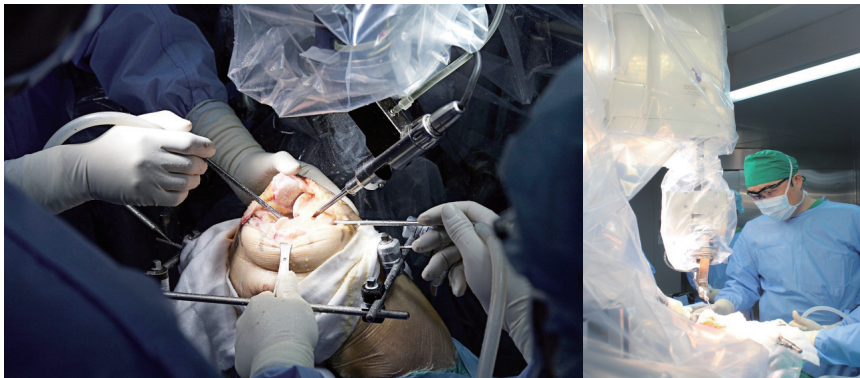
#### 참고 문헌

1. Vaughan et al. A review of virtual reality based training simulators for orthopaedic surgery. *Medical Engineering and Physics* 2016;38:59-71.
2. Mabrey et al. Virtual reality in orthopaedics: Is it reality? *Clin Orthop Relat Res* 2010;468:2586-2591.
3. Jung and Ko. Virtual reality in endoscopic sinus surgery and facial plastic & reconstructive surgery. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2018;61(5):227-34
4. Rukiar et al. A systematic review on orthopedic simulators for psycho-motor skill and surgical procedure training. *J Med Syst* 2018;42:168.
5. Hyoun JW. [Virtual reality technology trends in medical field]. [online] 2016. Available from: [www.bioin.or.kr/fileDown.do?seq=33166](http://www.bioin.or.kr/fileDown.do?seq=33166).
6. Cohen et al. Virtual reality simulation: basic concepts and use in endoscopic neurosurgery training. *Childs Nerv Syst* 2013;29:1235. <https://doi.org/10.1007/s00381-013-2139-z>
7. Puri S et al. Assessment of resident training and preparedness for cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2017; 43:364-368

## ROBODOC 수술의 발전사와 임상적 이용에 관하여

장산의료재단 이춘택병원 윤성환

어릴 적 나의 영웅 로봇 태권비이. 본인은 종종 로봇 태권비를 보며 조종석에 앉아 악당들과 싸우며 인류를 구하는 꿈을 꾸곤 했다. 지금 로봇으로 수술하고 있으니 어쩌면 그 꿈을 어느 정도 이뤘다고 볼 수도 있다. 올해는 본원이 로봇 인공관절 수술을 시작한 지 16년이 되는 해로 현재까지 약 13,000여 건의 로봇 인공관절 수술을 시행하고 있다.



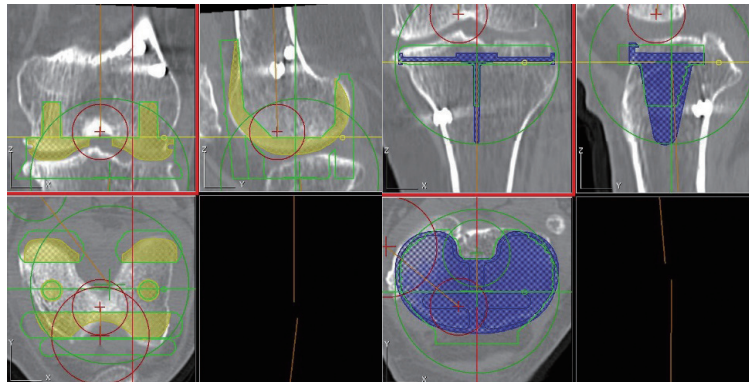
[사진1. 로봇수술 장면]

로봇 인공관절 시스템인 로보닥(Robot+Doctor)은 1986년 IBM과 美 U.C Davis 대학의 공동 개발 프로젝트로 진행된 최초의 인공관절 수술 로봇 개발을 시작으로 지금에 이른다. 이후 1994년 8월 BGU Hospital(Frankfurt, Germany)에서 첫 번째 유럽인 수술을 시행했다. 1996년에 로봇 인공관절 수술 로봇을 설치한 후 임상적 사용을 시작으로 프랑스, 오스트리아, 스페인, 스위스, 일본 등에서 로봇 인공관절 수술을 도입하였다. 이때만 해도 THR에만 적용했는데, 2000년 2월에서야 최초 로봇을 이용한 슬관절 전치환술이 개발되었다. 그리고 우리나라는 2년 뒤인 2002년 10월 31일 국내 최초로故 이춘택 원장님께서 로봇 인공관절 시스템을 도입, 로봇 인공관절 수술(THR)을 성공했다.

故 이춘택 원장님은 처음 외국에서 로봇으로 관절을 치료하는 모습을 보고 미래에 엄청난 영향을 끼칠 것을 순간 예감하셨다고 한다. 로보닥은 의술과 기계과학의 접목이었다. 그야말로 어린 시절 만화적 상상력이 현실화된 혁신이었다. 하지만 모든 시작에는 부침이 있기 마련이다. 국내에 로보닥이 들어오기까지 역시 많은 우여곡절이 있었다. 특히 불신이 지배적이었다. 주위의 엄청난 우려와 효용성 등의 이유로 반대가 쏟아졌고 로봇 치료는 믿을 수 없다고도 했지만 2002년 10월 국내 최초로 로보닥을 도입, 현재에까지 이르게 되었다.

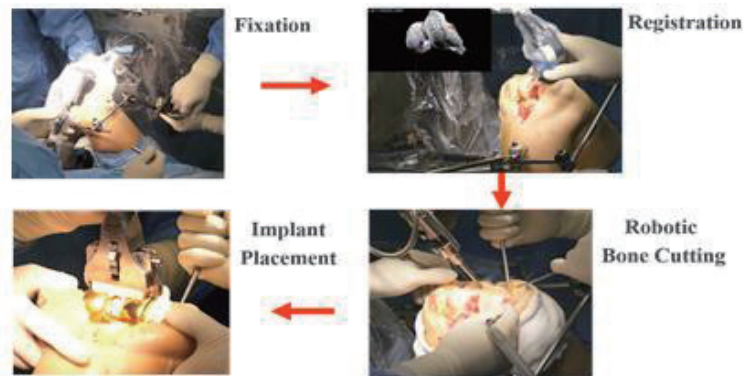
로봇수술 시스템은 수술 전 계획을 세우는 ORTHODOC(Orthopedic+Doctor)과 이 수술계획을 수행하게 되는 로봇인 ROBODOC(Robot+Doctor)으로 구성된다. ORTHODOC은 CT이미지 데이터를 기반으로 각 환자의 관절 해부학적 구조, 병변 진행 등의 구성요소에 맞춰 임플란트의 position, fitting 등 인공관절 수술을 진행하는 데 있어 최적의 설계를 수행할 수 있다. 이 수술계획 데이터는 ROBODOC으로 CD를 통하여 전송되며 뼈의 단단한 고정 및 수술부의 위치 좌표를 등록 후에 로봇의 정밀한 움직임을 통하여 뼈를 절삭한다.





[사진2. Pre-Surgical Planning]

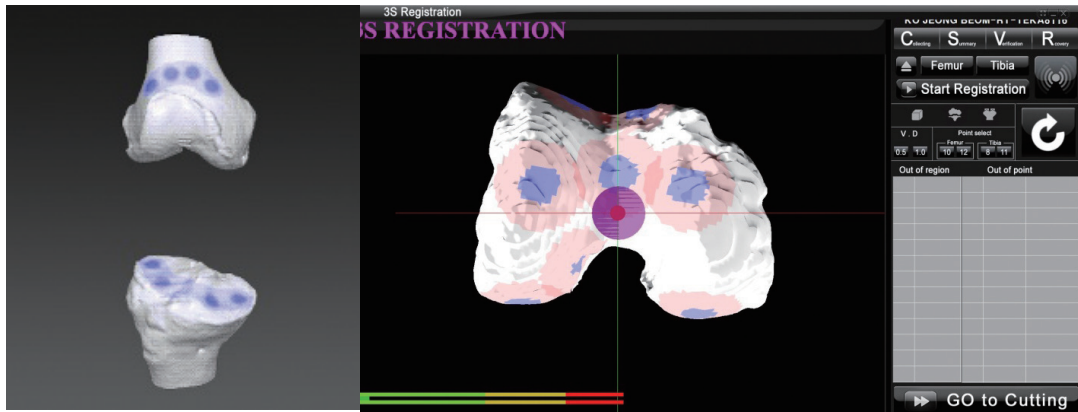
이렇듯 시스템 구성 자체가 수술 전 과정과 수술 과정으로 나누어져 각각의 시스템이 제 역할을 하게 구성됐다.



[사진3. Intra operative procedure]

그동안 로봇수술을 경험하면서 느낀 점은 초기엔 오로지 수술 중 로봇 작동에만 신경을 쓰는 경우가 있었지만, 로봇이 수술이 성공적으로 진행 되기 위해서는 과정 하나하나가 매우 중요하다는 것이다. 그중에서도 본원의 경험을 바탕으로 특히 두 가지 과정에 대해 말씀드리고자 한다. 첫째로, ROBODOC을 수술에 사용하기 위해서는 매 수술 전에 Calibration 과정을 반드시 진행해야 하는데 이는 수술환자의 정보 확인, 로봇수술에서만 사용되는 커터 등의 수술 기구들의 기하학적 컴퓨터 모델을 실제 좌표와 일치시켜 오차의 범위를 확인하는 절차이다. 만약 로봇 팔이나 각 센서에 외부 충격이 가해져 로봇 팔의 활동 축과 센서 값 오류가 허용된 오차 범위를 벗어나면 로봇수술을 시도조차 해보지 못하고 결국 고식적인 수술로 전환할 수 밖에 없기에 로봇시스템은 평상시 보관부터 로봇수술 준비과정까지 수술 못지않게 중요함을 경험하였다.

둘째는 정합(Registration) 과정으로, 수술 전 이미지 또는 계획 정보를 수술실 테이블에 있는 환자의 수술 위치와 일치시키는 절차, 즉 로봇에게 뼈의 위치를 알려주는 과정으로 로봇이 뼈를 절삭하는 정밀도에 직접적인 영향을 미치는 중요한 과정이다. 이 과정은 CT 영상을 기반으로 생성된 3D 모델에서 측정된 특정 표면 지점에 획득점을 표시하고, 수술 중에 digitizer라는 좌표 획득 장치를 이용, 특정 지점을 찍어주면 컴퓨터가 가장 가까운 3D모델 지점을 해당 지점으로 지정하고 수학적 계산을 반복하여 각 측정 지점과 해당 표면 지점 사이의 평균 거리를 줄여서 수술부위의 위치를 획득하는 방법으로 진행이 된다.

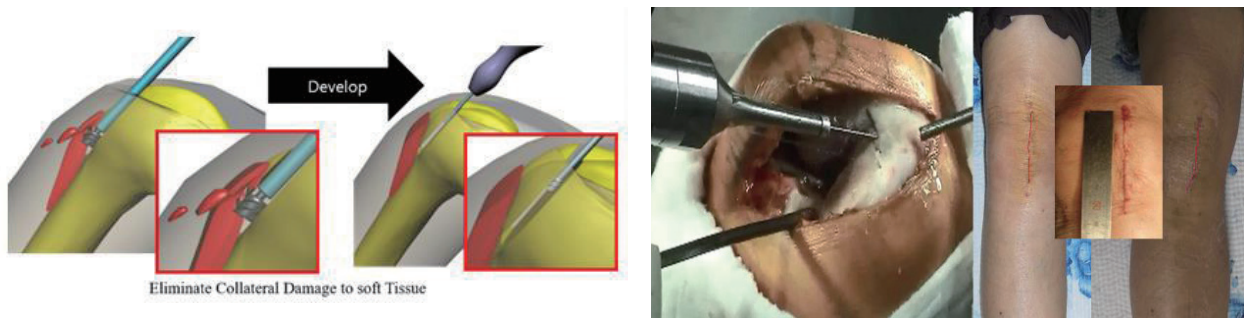


[사진4. 정합시스템]

현재 본원에서는 로봇 인공관절 수술에 있어 THR의 경우 Acetabulum cup은 생략돼 지원하지 않는 점, 고식적인 수술방법에 비해 정밀성 등의 큰 이점이 없는 점 등의 이유로 특별한 케이스 빼고는 수술을 하지 않고 있다. 하지만 슬관절 전치환술 같은 경우에는 특히 역학적 축 내반 변형이 15도 이상 환자의 경우에는 로봇을 이용한 수술이 매우 유용함을 경험하고 있는데 중등도 이상의 내반( $>15^{\circ}$ ) 환자의 경우 기존의 고식적인 방법의 TKA군에서보다 로봇수술 TKA군에서 수술 후 역학적 축 하지 정렬에서 훨씬 더 우월성을 가지고 있음을 경험하고 있다. 로봇수술 TKA는 축의 정렬 및 임플란트 위치뿐만 아니라 장기적인 임상 결과 및 수명의 관점에서 과도한 내반을 가진 환자일수록 특히 더 유용하다고 판단된다.

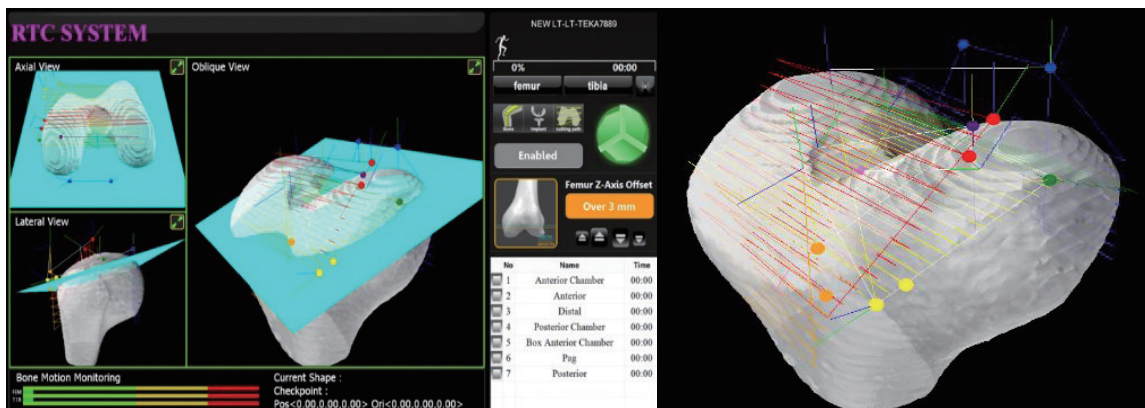
초창기 로봇닥 절삭 방식은 점층식 커팅기법이었다. 이는 Top down milling 방식으로 화살표 궤적을 따라 반복해서 커터를 움직이며 한층 한층 깎아내는 방식이다. 이 기법은 절개를 많이 해야 하는 부담감이 있고, 또 절삭속도를 높이기 위해 커터의 헤드 직경을 크게 가져갈 수밖에 없었다. 이로 인해 절삭 시 커터에 의한 주변 피부조직 등에 손상을 줄 우려가 크고 절삭시간이 많이 걸린다는 단점이 있었다. 이러한 점층식 커팅기법의 가장 큰 특징은 정밀성인데 이것만으로 환자와 의사에게 만족감을 주기에는 역부족이었다. 또한, 정합(Registration) 방법에서도 기존의 로봇 시스템은 환자 자료를 등록하기 위해 103개의 많은 포인트를 측정, 단계마다 feedback할 수 없이 정해진 순서대로만 진행해야 했으며 정합의 오차범위를 1.75mm 정도로 크게 허용하여 실제 골 절삭의 정밀도까지 상대적으로 떨어뜨릴 수 있다는 문제가 있었다. 이러한 단점의 주된 원인은 3차원 좌표 자료를 원본 그대로 이용하지 않고, 정합 포인트 획득을 위하여 2차원 좌표로 변환시킨 후 캡처된 이미지를 이용함으로써 대표성을 가지는 몇몇 곳 위치만을 비교하기 때문에 전체 정합에 대해 확인할 수 없었기 때문이다. 그리고 만약 정합이 실패라도 한다면 많은 점 중에 어떤 획득 점에서 문제가 있었는지 확인이 되지 않아 수술 의사로서는 당황스러울 수밖에 없었다. 달리 방법도 없어서 정합을 처음부터 다시 시작해야 하므로 재정합으로 인해 시간이 지연되거나 로봇수술을 과정 중에 포기해야 했기에 의사로서는 워낙 곤욕스러운 일이 아닐 수 없었다. 이렇듯 수술 결과에 대한 확신과 신뢰는 있었지만 도입 당시 로봇닥은 수술을 준비하고 진행하는 과정이 매우 복잡해 사용자인 의사에게 매우 불편했고 이에 대한 개선이 절실했다. 로봇닥을 도입한 많은 병원이 이런 불편함을 극복하지 못하고 중도에 포기했지만 우리는 물러서지 않기로 했다. 로봇닥을 도입한 지 만 3년이 되던 2005년 8월 병원에 로봇관절 연구소를 개소하여 이러한 문제점을 해결하고자 했다. 현재 수준의 로봇닥 기술 향상을 위한 전진기지이자 어떤 어려움에도 굴복하지 않겠다는 희망의 발신지였던 셈이다. 개인병원에서 부설 연구소를 설립한다는 것이 지금도 어려운 일이지만 그 당시에는 정말 큰 결단이 필요했던 일이니 모든 의료진이 그만큼의 가치 부여에 공감해야만 가능했다. 당시 국내외 로봇 전문가와 최고의 컴퓨터 프로그래머 등의 연구진을 구성해 R&D에 힘을 쏟아 부었고, 연구에 몰두한 지 3년이 지나서 가시적인 성과가 나타나기 시작했다.

2008년 새로운 절삭 시스템을 개발하였는데 로봇의 말단부에 장착된 커팅 시스템의 움직임 및 제반 장치부터 연구 개발하였다. 점층식 탑다운 방식의 복잡한 절삭경로(cutting pathway)를 과감히 버리고, 두꺼운 커터에서 더 얇고 가는 커터를 개발하고 터널식으로 뼈 안에서 절단면에 직접 커팅을 하도록 개발했다. 이는 기존보다 절개를 적게 하여도 신속하고 안전하게 뼈를 커팅할 수 있고, 뼈에 붙어 있는 근육 또는 주변 연부 조직의 손상을 최소화하여 최소 침습술을 로봇수술에 접목할 수 있게 되었다.



[사진5. 새로운 커터 및 패스 개발]

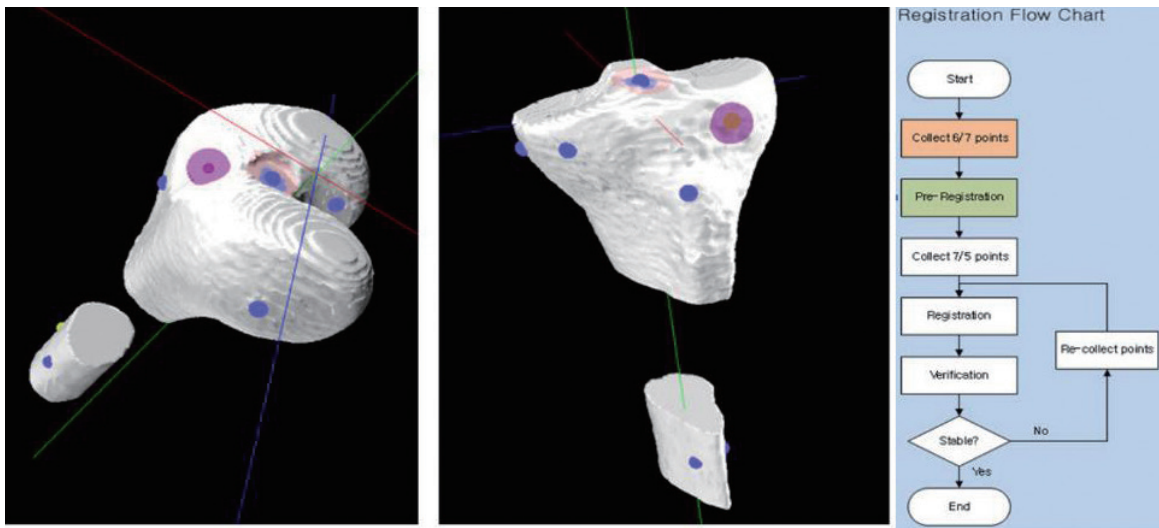
또한, 수술 의사가 모든 절삭(cutting) 과정에 적극적으로 개입해 조절할 수 있게 하여 절삭 중 발생할 수 있는 충돌(impingement), 연부조직 손상(soft tissue damage) 등의 문제점이 예상되는 절삭을 사전에 차단하며 수술을 마무리할 수 있도록 추가적으로 절삭 정도 선택(cutting offset option)을 개발하였다. 이로써 사전 수술계획에서 결정된 절삭 레벨(cutting level)을 수술 중에도 조절할 수 있게 하여 수술자가 절삭 레벨을 직접 육안으로 확인하면서 절삭 동작을 직접 조절할 수 있게 하였다. 이로 인해 사전 수술 계획에서 생길 수 있는 오차를 최소화할 수 있으며 수술 중에 환자 각각의 변형 정도에 따른 조절이 가능하여 로봇수술 적응의 유연성을 확대하였다.



[사진6. 새로운 절삭시스템 개발]

다음은 3S(simple, safe, speedy)를 모토로 한 새로운 정합시스템을 개발하였다. 새로운 정합시스템은 3차원 좌표인 digitizer의 좌표를 3D 좌표상에 직접 시각화하여 뼈와의 거리 길이를 시각, 청각화하여 직관적으로 사용자에게 정합결과를 보여주어 소위 3S registration를 할 수 있도록 고안하였다. 고안된 3S registration은 digitizing point수가 현저히 감소가 되어 speedy하게 진행되어 수술시간의 감소로 이어졌다. 또한, 사용되는 bone model은 CT에서 얻어진 좌푯값을 그대로 이용하여 3D to 3D system이므로 mismatching point를 실시간으로 simple하게 체크할 수 있다. RMS(root mean square, 실향값)를 직관적으로 보여줌으로써 결과 중 오차범위가 큰 포인트를 확인 가능하며 그 포인트만 재정합할 수 있게 함으로써 수술을 안전하게(safe) 진행할 수 있도록 개발되었다. 그 결과, 정합 포인트 획득 수는 대퇴부 13 포인트, 경골부 12 포인트로 대폭 감소하여 기존에 17분 이상 소요되던 정합시간이 평균 3분 이내로 감소하게 되었고 정합결과인 RMS의 평균값은 0.5mm로, 기존 정합 방법보다 약 3배 이상의 정밀한 결과를 얻었다.

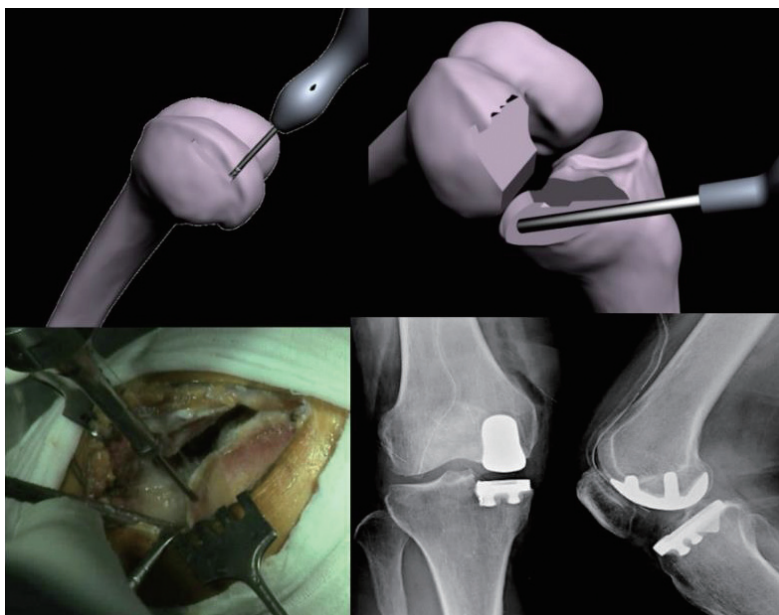




[사진7. 새로운 정합시스템 3SR 개발]

이러한 개발물을 통해 로봇수술 시스템을 단지 고관절, 슬관절 전치환술에만 이용하기보다는 조금 더 다양한 임상적 적용을 확대하기 위한 노력을 하였다.

첫째로, 2008년 12월 처음 로봇수술을 접목한 반치환술 개발에 성공하였다. UKA는 고도의 수술 기술과 긴 숙련 기간을 요구하고 coronal alignment와 tibial slope의 복원이 어려우며 절개가 좁아 수술 시야가 좁아지기에 수술 진행의 어려움과 함께 실패율이 높다는 문제점이 있었다. 이에 착안하여 로봇을 이용한 최소/미세 침습술을 적용하면 이런 문제점들을 해결할 수 있다고 보았다. 또한, UKA에서 가장 중요한 문제는 limb alignment와 tibial slope각의 복원이다. 로봇을 이용할 경우 수술 전 본래의 대퇴 경사각과 인공관절 경사각 사이의 offset을 미리 결정할 수 있어 이러한 주요 문제들을 극복할 수 있었다. 수술 절개 크기는 5~7cm로 Sub-vastus para-patella capsulotomy을 시행 중이며 복잡한 cutting 지그가 필요 없이 direct tunnel 기술을 이용한 cutter가 사용된다.

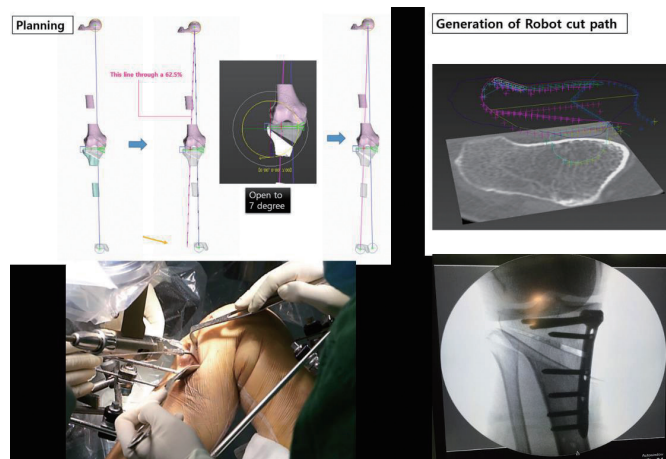


[사진8. 로봇을 이용한 UKA ]



현재까지 진행한 800여 레의 방사선상 분석 결과를 보면 수술 전 femorotibial angle은 내반 1.2도였고 수술 후 femorotibial angle 이 평균 3.3도였다. 바깥쪽 관절에 alignment해서 under correction이 되도록 사전수술 계획을 하였고, 로봇은 의도한 대로 수술 결과를 보여주고 있었으며 좁은 절개의 한정된 시야에서의 수술에 대한 스트레스는 거의 느끼지 못하였다. 환자들은 수술 직후 보행 시에 통증을 느끼는 정도가 훨씬 덜했고 130도 이상의 관절운동이 가능하였으며 로봇 UKA 환자들은 더욱 빠르게 일상생활로 복귀하는 것을 볼 수 있었다. 현재 본원에서는 컨설팅 과정에서 환자의 병변 진행 정도에 따라 TKA와 UKA 로봇수술을 선택적으로 하고 있다.

두 번째로, 2015년 개발에 성공한 근위경골 절골술(HTO)이 있다. 성공적인 HTO를 위해서는 적절한 환자의 선택, 교정 각을 위한 정확한 수술 전 계획과 정밀한 수술 술기, 적절한 재활 치료가 필요하다는 것은 시술자라면 누구나 잘 알고 있을 것이다. 하지만 정확한 교정각을 얻기 위한 고식적 방법은 하지의 회전, 방사선 사진 계측 시의 영상 시차, 절골 면의 위치, 절골할 경골 직경의 차이 등에 의해 교정각 정확성의 한계와 절골 시 골 내부로 갈수록 육안 확인이 어려워 절골 경사도와 절골의 면적이 수술계획과 다르게 진행될 수 있는 문제점을 가지고 있었다. 이러한 한계점들은 로봇수술 시스템을 이용한다면 충분히 극복할 수 있다고 판단되어 개발을 하게 되었다. 방법은 수술 전 컴퓨터를 이용하여 절골부를 결정한 후 3차원 좌표를 추출하고 3D 컴퓨터 툴을 이용하여 역학 축이 경골 외측 62.5%를 지나도록 가상의 개방을 하여 교정각을 찾아내 수술 전 계획대로 정확히 로봇을 이용한 절골을 실시한 뒤 시뮬레이션을 통해 얻어진 교정각으로 개방하고, Plate를 사용하여 절골부위를 고정하는 순으로 진행된다. 수술 후 후향적 초기 방사선학적 분석을 하였었는데 술 전 하지의 역학적 축은 평균 내반 6.8도에서 술 후 평균 외반 1.2도로, 대퇴-경골 각은 술 전 평균 내반 1.8도에서 술 후 평균 외반 5.7도, 경골의 후방 경사도는 술 전 평균 11.2도에서 술 후 평균 11.9도로 0.7도 증가하였다. 내측 근위 경골 각에서도 술 전 평균 85도에서 술 후 평균 90.6도로 증가하는 것을 경험하였다. 로봇을 이용한 내측 개방형 근위 경골 절골술은 절골 전 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 절골면을 이용한 교정각 산출, 정밀한 로봇 커팅을 통한 뼈 형태에 맞는 외측 피질골의 손상 방지, 후방경사도의 변화 예측 등에 이점이 있었으며 절골 중 C-arm 사용시간이 줄어들어 방사선 피폭량이 줄어들어서 시술자에게는 매우 유용하였다.



[사진9. Robot assisted HTO]

의술은 인술이라는 말처럼 아직도 기계에 대한 거부감이 있을지 모른다. 그럼에도 불구하고 첨단 기술의 발전으로 앞으로 의료시장에서 로봇의 역할은 더욱 확대될 수밖에 없다. 이러한 상황에서 의료진이 조금만 생각을 바꿔도 국내외 의료 로봇 산업에서의 우위를 점하는 핑크빛 미래로 향할 수 있다. 악당을 무찌르는 로봇 태권브이 역시 홀로 움직인 것이 아니라 의협심과 용기, 그리고 숙련된 조정 기술은 '인간'에 의해 가능했다. 현재 의료용 로봇 역시 다르지 않다. 환자의 몸속 악당을 해치우겠다는 의료진의 진심과 의료용 로봇을 적극적으로 활용한 섬세한 기술력이 더해진다면 더 나은 인술을 실현할 수 있지 않겠는가. 의료용 로봇수술 및 컴퓨터 보조 수술 분야는 다른 산업용 로봇에 비하면 아직은 걸음마 단계라고 생각한다. 반대로 말하면 의료로봇 연구 개발을 시작하기에는 아직도 늦지 않았다. 개인적인 바람으로는 미래에는 더욱 많은 의사들이 컴퓨터, 로봇시스템 등을 도입한 융합기술에 관심을 가지고 지금까지의 성과에 만족하지 않고 로봇 인공관절 수술은 환자 친화적, 의사 친화적으로 더욱 더 발전해야 한다고 본다.

## 2018 CAOS Asia-Pacific 참관기

빛고을전남대학교병원 정형외과 조규진



Fig 1. 학회가 열린 파타야 힐튼 호텔



Fig 2. 메인홀

2018년 5월 3-4일 태국 파타야 (Pattaya) 에서 개최된 2018 CAOSAP에 참가할 수 있는 좋은 기회를 가지게 되었고, 이 방문 기간 동안 느낀 나의 훌륭한 경험에 대해 함께 나누기 위해 이에 대한 참관기를 남기고자 한다.

파타야는 태국의 여러 알려진 도시 중에 수도인 방콕과도 가까우면서도 남쪽 바다를 끼고 있는바다 풍경이 아름다운 관광 휴양 도시였다. 파타야는 현지 인구는 약 10만명의 소도시로 넓은 해안선과 질푸른 야자수나무로 아름다운 도시 경관을 자랑하며 특히 해변 주변에 주택가와 리조트가 들어서 있어 야경이 아름답기로 유명하다. 아시아 휴양지의 여왕이라 불릴 만큼 국제적인 휴양지로 연중 내내 각종 해양 스포츠를 즐길 수 있고 밤의 여흥과 갖가지 음식 특히 풍부한 과일과 다양한 쇼핑센터 등으로 해외 관광객들을 즐겁게 해준다.

학회는 파타야 시내의 힐튼 호텔 (Fig 1)에서 이루어졌으며, 비교적 큰 메인홀에서 모든 발표가 이루어졌다 (Fig 2). 이번 학회에서는 10개국 200여명의 정형외과 의사 및 기초 연구자 등이 참석하였으며, 총 80여편의 발표가 이루어졌다. 이 중 한국에서는 강연 5차례 구연 2편으로 약 10%의 비율을 보였으며, 개최국인 태국에서 가장 많은 발표를 하였다. 한국 참가자 발표 중에는 필자가 구연 2편의 소중한 기회를 가졌으며 송은규 교수님께서 2차례 강연 (Fig 3), 이명철 교수님, 문영완 교수님, 선종근 교수님께서 각각 1회의 강연을 하셨다. 필자의 구연의 경우 VERASENSE 를 이용한 슬관절 인공 관절 전치환술에서 더욱 효과적인 ligament balancing 이 가능하다는 연구 결과를 발표 하였으며 ROBODOC 을 이용한 인공 슬관절 전치환술과 Conventional 과의 10년 추시 비교 연구 결과에 대해 발표하였다 (Fig 4). 가장 많은 구연 기회를 얻은 태국의 경우 국가의 전폭적인 경제적인 후원 덕분인지 아직 한국에서 보기 힘든 최신 CAOS instrument 인 MAKO 및 NAVIO 를 이용한 수술 결과에 대해서도 많은 발표 및 토론이 이루어졌다. 이번 학회에서의 많은 내용은 CAOS를 위한 새로운 기술적 발전에 대한 내용으로 새롭고 다양한 imaging의 개발로 어떻게 하면 실제 환자와 컴퓨터를 보다 정확하게 매칭을 할 수 있는지, 수술 중 간편하고 덜 침습적인 sensor에 개발 등에 대한 다양한 연구에 대해 접할 수 있었다.

기타 활동으로 학회 중간 관광을 할 수 있는 기회가 주어졌다. 송교수님과 선교수님과 함께 귀국 전날 오후에 시간을 내서 파타야에서 유명한 관광지인 진리의 성전으로 향했다. 진리의 성전은 해변끝자락에 위치한 세계 최대 목조건물로 습기에 약한 나무 특성상 지금도 보수가 계속 이루어지고 있는 건축물이었다. (Fig 5) 진리의 성전에 입구에 들어가면 흑시 모를 보수 공사 여파에 대비해 안전모를 하나씩 배급 받는다. 목조 건축물의 웅장함과 정교함을 보며 다시 한번 인간의 능력에는 한계가 없다는 것을 느낄 수 있었다. (Fig 6)

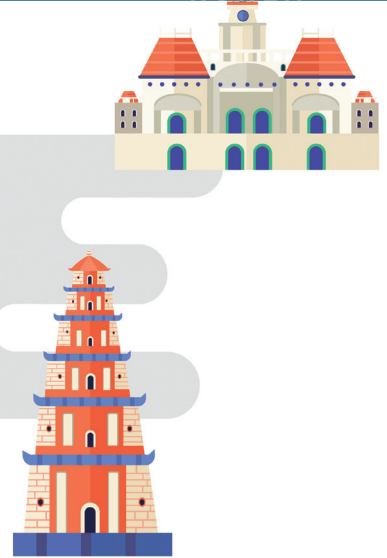




Fig 3. 송은규 교수님 Lecture



Fig 4. 필자의 Presentation



일정이 짧았지만 단시간 동안 집중적으로 전세계적 CAOS technology를 보고 느낄 수 있었고, 이런시 등 컴퓨터를 이용한 새로운 삶이 대두되고 있는 상황에서 정형외과 영역에서도 로봇, 네비게이션 등 컴퓨터의 역할을 점점 중요해질 것이라 생각되었다. 이번 CAOS Asia-Pacific에서 느낀 한가지 아쉬움은 전세계적인 IT 강국이며 CAOS 분야 시작점에서 앞서 나가던 한국이 현재는 그 열정이 수그러들어 점점 다른 나라들에게 따라 잡히고 있는 것은 아닌지 생각됐다. 물론 한국 내에서 CAOS technology 가 아직 경제적으로 이점을 보이지 못하고 있어서 소수의 Surgeon 들만 사용하고 있지만 그 사이에 다른 신진 연구자들의 발빠른 기술의 도입은 우리를 다시 한번 자극하는 계기가 되었다. 앞으로 CAOS Korea가 Asia 및 International에서 더욱 활발한 활동으로 그 입지를 확고하게 자리하는 날을 기대해 보며 참관기를 마친다.



Fig 5. 진리의성전



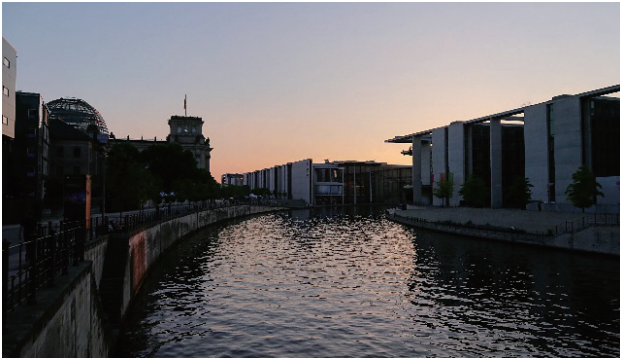
Fig 6. 진리의성전 앞에서 송은규, 선종근 교수님과 함께





## CARS2018 학회 참관기

경북대학교 의료로봇연구소 정상현



노을이 지는 베를린 강변에서



베를린 장벽



유명한 케밥 가게에 늘어선 줄

기억을 더듬어 보니 2006년 무더운 여름의 오사카에서 열린 이 학회에 처음 참가했었던 듯 하다. 비구컵을 구면으로 자르는 기구에 관한 연구 결과를 발표했었던 기억이 떠오른다. 그 후로도 2년에 한번씩은 참여해 왔던 학회이다. 1985년 이후 이번 년도를 포함해서 13번이나 베를린에서 개최되었건만, 정작 베를린에 가는 것은 처음이었다. 이 학회의 초록 마감일은 매년 1월 10일로 동일하여 지난해에 있었던 연구 결과를 정리하고, 새로운 한 해의 연구 계획을 세우는데 매우 유용했었던 것 같다.

저녁에 도착한 베를린은 지금까지 경험했던 깨끗하고 잘 정돈된 독일의 다른 도시와 다르게 약간은 음산함이 느껴졌다. 이것이 옛 동독의 느낌일까? 학회 기간에 잠을 내어 돌아다니던 베를린은 이러한 첫 인상을 말끔히 지워 주었고 한 번쯤 살아보는 것도 괜찮은 도시라는 느낌을 받았다. 거리엔 전통있는 멋스러운 건물들이 가득하고, 젊은이들의 활기가 넘치며, 베를린 장벽은 통일에 관해 생각하게 하며, 케밥, 커리부스트와 같은 B급 음식에서부터 고급 레스토랑의 음식까지 다양한 먹거리, 그리고 맛있는 맥주가 공존한다.



베를린에서 가장 오래된 커리부스트 집



CARS학회는 Computer Assisted Radiology and Surgery의 약칭으로 5개의 연구회의 연합 학회다.

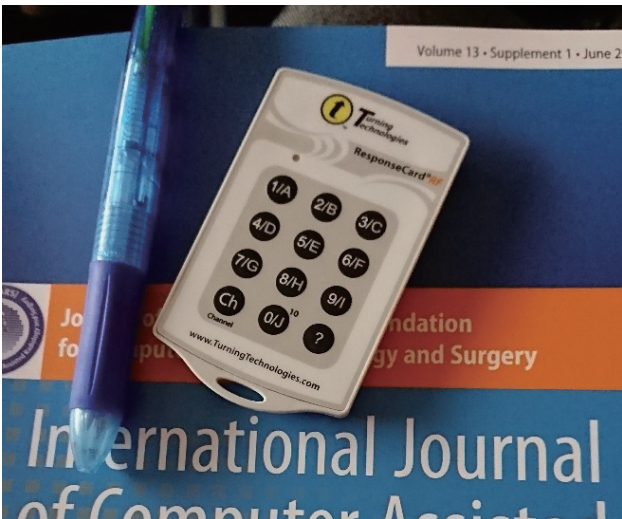
 <b>CARS</b>	International congress and exhibition on computer assisted radiology
 <b>ISCAS</b>	<b>International Society for Computer Aided Surgery</b>
 <b>CAD</b>	International Workshop on Computer-Aided Diagnosis
 <b>CMI</b>	Computer Maxillofacial Imaging Congress
 <b>IPCAI</b>	Conference on Information Processing in Computer-Assisted Intervention

CARS학회를 구성하는 5개의 연구회

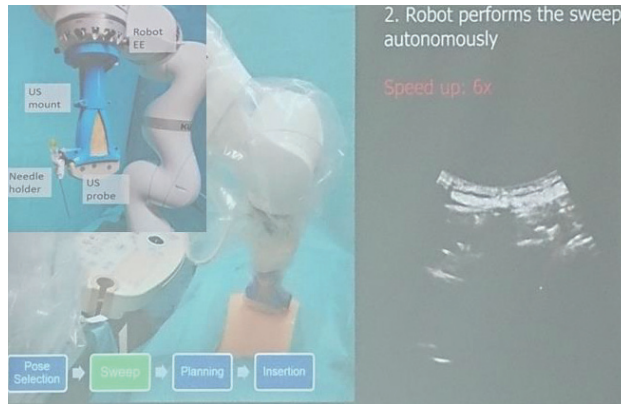
이번 학회에는 600여명이 참석하였고 한국은 독일(26%), 일본(15%), 미국(11%)에 이어 4번째로 많은 연구자들이 참석했다(6%). 사실은 이번년도 학회를 한국에서 개최하려고 준비했었는데 여러 이유로 무산된 이후에 한국에서의 참여 연구자 수는 예년에 비해 줄어들었다. 5개의 연구회 중에서 관심을 두는 연구회는 ISCAS (International Society for Computer Aided Surgery)와 IPCAI (Information Processing in Computer-Assisted Intervention)다. ISCAS학회의 내용은 후에 상세히 리뷰하고 우선은 IPCAI의 조금은 재미난 발표 방식을 소개하고자 한다.

IPCAI는 이틀에 걸쳐서 발표가 이루어 졌는데, 첫 날 프로그램은 공개되어 있으나, 둘째 날 프로그램은 확정되어 있지 않았다. 첫 날은 6개 섹션 40여개의 연구 테마가 5분 간격으로 발표되었다. 모든 청중들은 투표를 위한 리모컨이 하나씩 받았고, 각 섹션이 끝날 때 마다 다음 날 좀 더 자세히 듣고 싶은 연구 발표를 실시간으로 선정하였다. 선정된 6개의 연구에 대해서는 15분의 발표 시간과 10분의 토의 시간이 주어졌고, 이 발표를 통해서 여러 개의 상이 수여되었다. 안타깝게도 필자가 투표한 테마는 하나도 선정되지 않았고, 정형외과 관련된 발표 중에는 “Robotic ultrasound-guided facet joint insertion □ Can we replace X-ray Fluoroscopy?” 라는 테마가 둘째 날의 발표까지 이어졌다. 초음파 프로브가 장착된 로봇 팔이 환부를 스캔하고, 타깃을 정하면, 정확한 바늘 삽입 위치를 유도하는 로봇 시스템에 관한 연구였다.

ISCAS는 5개의 연구회 중에 가장 많은 연구자들이 모이기에 항상 가장 큰 발표장을 사용한다. IPCAI에 참석하는 대부분의 연구자들이 ISCAS에도 참석하기 때문에 두 연구회는 병렬로 진행되지 않는 반면에 타 연구회와는 병렬로 진행 된다. 이번 학회에서도 IPCAI가 끝난 21일(목) 오후부터 23일(토)까지 3일간 발표가 진행되었고, 연구회는 10개의 섹션에서 60여개의 구두발표와 30여개의 포스터 발표로 구성되었다. 섹션은 기술로 구분된 Medical Robotics and Instrumentation(I, II), Navigation(I, II), VR/AR and MR(I, II)섹션과 적용 분야 별로 구성된 Neurosurgery, ENT, Cardiac surgery, Orthopaedics로 이루어졌다.

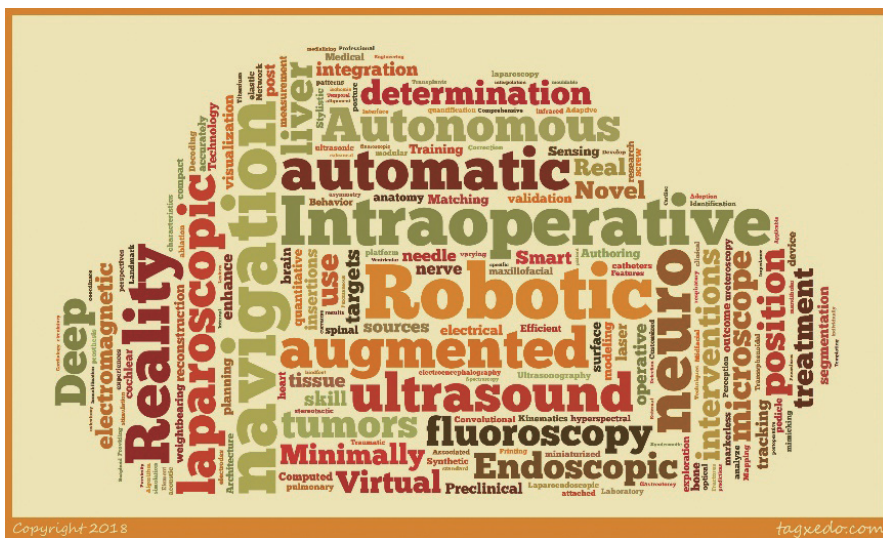


CARS학회지와 IPCAI에서 준비한 투표용 리모컨



초음파 기반 바늘 정위 로봇, “Robotic ultrasound-guided facet joint insertion – Can we replace X-ray Fluoroscopy” 발표 내용

90여개의 발표 타이틀에 사용된 단어들의 사용빈도를 분석해서 연구 트렌드를 조사해 보았다 (분석툴: tagxedo.com). 우선 눈에 띄는 단어는 automatic 또는 autonomous이다. 수술 지원 로봇에서도 자동 또는 자율에 관한 연구가 시작되고 있다. 최근 크게 화두가 되는 인공지능 분야를 대표하는 단어인 Deep도 보이지만 예상외로 많지는 않았다. 주로 영상을 다루는 CAD연구회가 분리되어 있기 때문인 것으로 보인다. 직접 참석하지는 못했지만 CAD연구회에서는 CAD-A이라는 섹션을 따로 만들 만큼 활발한 연구가 진행 중 인 듯 하다. 오히려 주목할 만한 단어는 Ultrasound인 듯 하다. 최근 몇 년간 Ultrasound를 활용한 수술항법장치가 활발히 연구되어 왔으며 이러한 연구 성과가 발표로 이어진 결과인 듯 한다.



발표 제목으로 분석한 ISCAS연구회의 트렌드

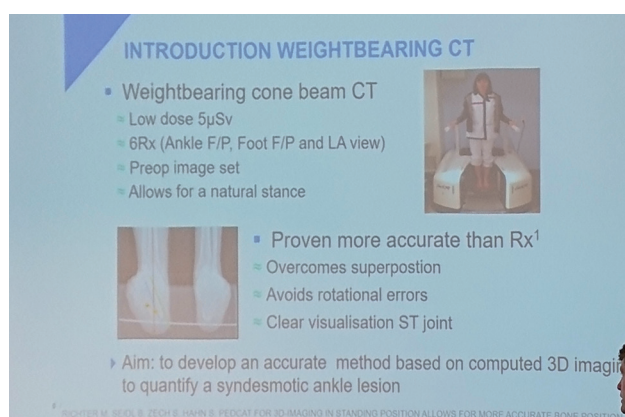
수술 로봇의 자동화에 대해서 발표된 내용과 개인적인 의견을 더하자면 자동화 단계는 표와 같이 6단계로 구분되며, 현재 상용화된 수술로봇은 대부분 자동화 1단계인 “Robot Assistance”의 단계로 볼 수 있다. 관절 치환술을 지원하는 로봇의 경우는 3단계인 “Conditional Autonomy”로 볼 수 있을 것이다. 최근에는 로봇의 움직임 정보를 분석하여 수술 동작 및 과정을 실시간으로 식별하려는 연구가 진행되고 있으며, 자동화 단계로는 2단계 “Task autonomy”에 해당하는 바늘 삽입, 봉합, 위치 특정 및 정해진 조직의 적출 등에 관한 연구가 진행되고 있다. “High autonomy” 또는 “Full automation”에 관한 의료 윤리, 임상적 필요성 등의 논쟁에도 불구하고, 공학자들에 의한 수술 로봇 자동화 연구는 지속될 것으로 보인다.

표. 수술로봇의 자동화 단계 (ISCAS2018, Prof. Palolo Fiorini의 발표 “Autonomous Robotic Surgery: a new research framework”에서 발췌)

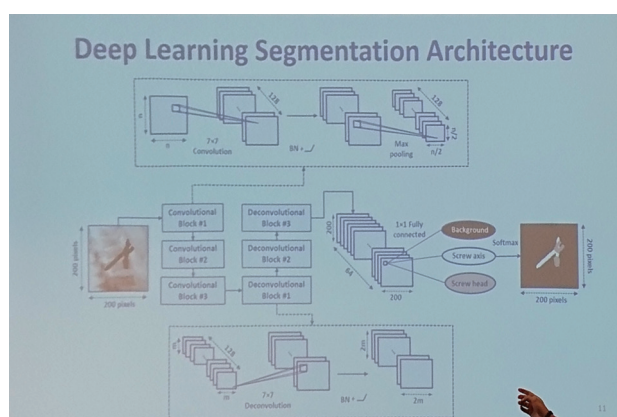
0	No autonomy	의료진에 의한 수술
1	Robot assistance	의료진이 로봇을 조정하여 수술을 수행
2	Task autonomy	의료진의 결정에 의해서 정해진 일정한 작업을 로봇이 수행
3	Conditional autonomy	의료진의 수술 계획을 의료진의 감시하에 로봇이 수행
4	High autonomy	로봇이 특정 의사 결정을 의료진의 감시하여 수행
5	Full automation	인간의 개입 없이 수술 전 과정을 로봇이 수행

Orthopaedics 섹션은 8개의 발표로 구성되었고, 두 가지 연구를 소개하고자 한다. 하나는 Weight bearing CT(WBCT)를 이용하여 후족부 배열을 평가한 연구이다. 임상적 결과가 흥미가 있었다기 보다는 WBCT장비에 관한 흥미였다. 의학박사에 의한 발표였기에 장비에 관한 상세설명이 없어 사진을 근거하여 검색해 보니, PEDCAT이라는 장비였다. 국내에서 사용이 가능할지는 모르겠지만 Australian imaging사의 제품으로 적은 방사선으로 체중이 실린 foot and ankle의 CT 촬영이 가능하다고 한다. 기술적으로 흥미가 있었던 다른 연구는 C-arm영상에서 척추경 나사의 검출과 삽입 자세 계산을 딥러닝을 이용하여 추측하는 연구였다. Convolutional neural network구조를 사용하였고, 검출에는 83%정도의 민감도를 보였고, 2mm, 2도 이하의 자세 추측 결과를 얻었다고 한다.

이 학회에 참석하고자 하시는 학회 회원 분들께 몇 가지 당부의 말씀을 드리고자 한다. 우선 새로운 기술의 임상 적용 결과를 공유한다기 보다는 개발 과정을 공유하는 학회이다. 의사들의 참여도 많지만 주로 공학자들에 의해서 발표가 이루어진다. 앞으로 2~3년 후에 어떤 기술이 임상에 적용될지 살펴보고 싶은 분들이 참여하는 것이 좋을 것이다. 발표가 질의 응답을 포함하여 15분으로 길며 기술적인 설명이 많아서 듣기에 다소 지루할 수 있다는 것과 정형외과 관련 섹션은 항상 마지막 날 마지막 시간에 배정된다는 것도 참조하면 좋을 듯 하다. 끝으로, 내년에는 프랑스 북서부에 위치한 렌(Rennes)이라는 작은 도시에서 6월 18일~21일에 개최될 예정이라고 하니, 근미래 수술에 관심 있으신 분들은 한번쯤 참석해 보시길 바랍니다.



Weight-bearing CT를 이용한 연구, “Computed analysis of the hindfoot alignment in 3D after a medializing calcaneal osteotomy using a pre- and post-operative weightbearing CT” 발표 내용



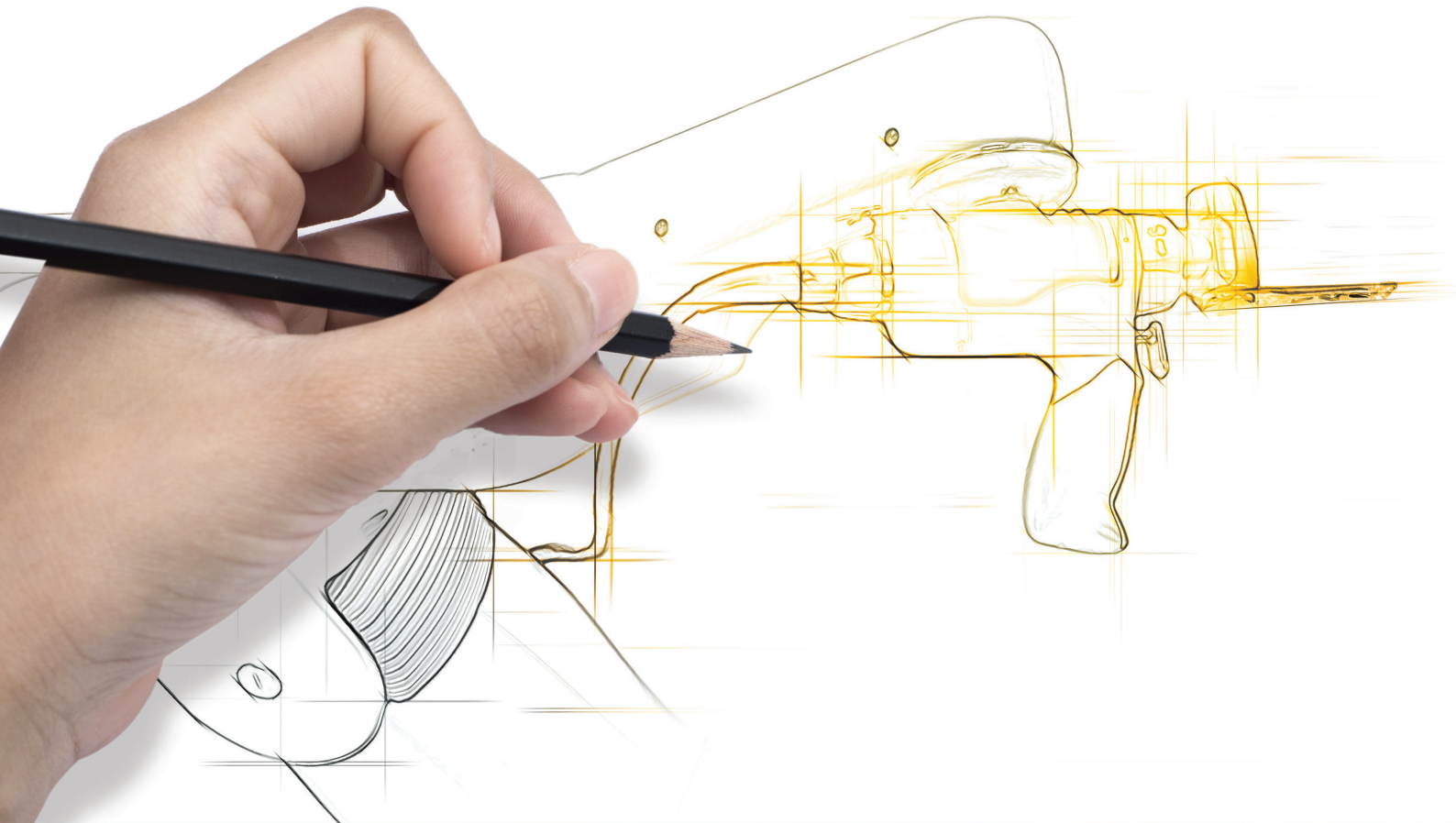
인공지능을 이용한 척추경 나사 검출 및 위치 추정에 관한 연구, “A deep learning framework for segmentation and pose estimation of pedicle screw implants based on C-arm fluoroscopy” 발표 내용



**stryker**

"The best way to predict the future is to **create** it."

- Abraham Lincoln



Let's create the future together with **Mako Total Knee**

The changing healthcare environment is creating uncertainty for many. Looking for a way to differentiate your practice? Mako Robotic-Arm Assisted Surgery enables surgeons to have a more predictable surgical experience and offers them a leadership advantage in our evolving healthcare environment.

**Isn't it time you created your future? Find out how @ [makoexperience.com](http://makoexperience.com)**

A surgeon must always rely on his or her own professional clinical judgment when deciding whether to use a particular product when treating a particular patient. Stryker does not dispense medical advice and recommends that surgeons be trained in the use of any particular product before using it in surgery.

The information presented is intended to demonstrate the breadth of Stryker's product offerings. A surgeon must always refer to the package insert, product label and/or instructions for use before using any of Stryker's products. The products depicted are CE marked according to the Medical Device Directive 93/42/EEC. Products may not be available in all markets because product availability is subject to the regulatory and/or medical practices in individual markets. Please contact your sales representative if you have questions about the availability of products in your area. Stryker Corporation or its divisions or other corporate affiliated entities own, use or have applied for the following trademarks or service marks: Stryker, Mako, Triathlon. All other trademarks are trademarks of their respective owners or holders.

MAKTKA-AD-1\_13117