

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

인사말
 대한정형외과 컴퓨터수술학회 회장 **이명철**
 2018 대한정형외과 컴퓨터수술학회 임원 명단
 2018년 CAOS 관련 해외학회 일정
 2018 AAOS 참관기
 조선대학교병원 **조승환**
 정형외과 수술 관련 1회용 치료재료품목의 급여화
 중앙대학교병원 **박용범**
 '바스틴' (Boston)에서 고수되기
 경북대학교병원 **백승훈**
 악성 골반골 중앙 환자의 재건 수술 과정에서의 소회[所懷]
 국립암센터 **강현규**
 척추 수술에서 3D 프린팅 implant의
 짧은 임상 경험과 최근의 사용분야
 경희대학교병원 **강경중**
 Computer Assisted Navigation in Total Knee Arthroplasty
 중앙대학교병원 **박용범, 이한준**



2018 대한정형외과 컴퓨터수술학회 임원 명단

회 장	이 명 철 (서울대학교병원)		
차 기 회 장	김 신 윤 (경북대학교병원)		
총 무	임 승 재 (성균관의대 삼성서울병원)		
감 사	김 한 수 (서울대학교병원)		
이 사	김윤혁 (경희대학교 공과대학) 노성만 (전남대 화순노인전문병원) 박윤수 (성균관의대 삼성서울병원) 서정탁 (부산의료원) 원예연 (아주대학교병원) 이성재 (인제대 의생명공학부) 이한준 (중앙대학교병원) 장준동 (한림대학교 동탄성심병원)	김정만 (아산총무병원) 문영완 (성균관의대 삼성서울병원) 배대경 (서울성심병원) 송은규 (빛고을전남대학교병원) 오광준 (인천 성민병원) 이우석 (연세대학교 강남세브란스병원) 인주철 (울진군의료원) 정화재 (성균관의대 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 공대) 김성환 (연세대학교 강남세브란스병원) 김정성 (건양대학교 공과대학) 김호중 (분당서울대학교병원) 박장원 (이대목동병원) 송현석 (가톨릭의대 성바오로병원) 왕준호 (성균관의대 삼성서울병원) 장기모 (고려대학교 안암병원) 지형민 (시흥21세기병원)	간사: 박관규 (연세대학교 세브란스병원) 김경태 (서울성심병원) 김유진 (성균관의대 강북삼성병원) 김지완 (울산의대 서울아산병원) 문영래 (조선대학교병원) 백승훈 (경북대학교병원) 신재혁 (한림대학교 동탄성심병원) 이대희 (성균관의대 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 (서울보훈병원)
편집위원회	위원장: 유기형 (경희대학교병원) 강경중 (경희대학교병원) 박관규 (연세대학교 세브란스병원) 선종근 (전남대병원)	강현귀 (국립암센터) 배지훈 (고려대학교 구로병원) 신재혁 (한림대학교 동탄성심병원)	김인성 (한림대학교 동탄성심병원) 송상준 (경희대학교병원) 이승준 (부산대학교병원)
전임회장 및 자문위원	노성만 (전남대학교 화순노인전문병원) 정영복 (남양주현대병원) 임홍철 (바른세상병원) 서정탁 (부산대학교병원)	인주철 (울진군의료원) 배대경 (서울성심병원) 이춘택 (이춘택병원) 박윤수 (성균관의대 삼성서울병원)	김정만 (아산총무병원) 송은규 (화순전남대학교병원) 장준동 (한림대학교 동탄성심병원) 정화재 (성균관의대 강북삼성병원)

2018년 CAOS 관련 해외학회 일정

1. CAOS Asia Pacific 2018, May 3-4, Pattaya, Thailand, Chairman : Pornpavit Sriphirom
2. CAOS International 2018, June 6-9, Beijing, China, Chairman : Wei TIAN
3. CARS 2018, June 20-23, Berlin, Germany, Chairman : Heinz U, Lemke

대한정형외과 컴퓨터수술학회(CAOS-KOREA) 회원 여러분께



대한정형외과
컴퓨터수술학회 회장

이 명 철

향긋한 봄 향기가 가득한 4월에 의료 R&D 특구와 첨단의료복합단지가 어우러진 지식창조형 혁신도시인 대구에서 개최되는 2108년 대한정형외과 컴퓨터수술학회 춘계학술대회에 발맞추어 소식지를 발행합니다.

2016년 세계 경제 포럼(WEF: World Economic Forum)에서 ‘제4차 산업혁명’이라는 용어가 처음으로 언급된 이후에 인공 지능, 사물 인터넷, 빅데이터, 가상 현실, 3D 프린팅, 로봇공학 등 여러 분야의 첨단 과학기술이 의료계에서는 Bio-Technology에 대한 열정으로 이어지고 있습니다. 정형외과 영역에서 컴퓨터 시스템과 관련된 학문적 연구와 회원 상호간의 친목을 위한 전문가 모임인 대한정형외과 컴퓨터수술학회(CAOS-KOREA)는 2003년 12월 제1차 학술대회를 시작으로 매년 춘계와 추계 학술대회를 개최하며 이제는 정형외과 정식 정규 분과학회로 등록된 명실상부한 이 분야의 리더로 자리매김하였습니다.

이번 소식지에는 2018 AAOS 참관기, 2018년 보험관련 변경사항, Boston 연수기, 악성 골반골 중앙 환자의 재건수술과정에서의 소회, 척추 수술에서 3D 프린팅 임상 경험과 최근 사용분야, 슬관절 치환술에서 네비게이션 사용에 대한 최신지견 등의 다채로운 주제를 수록하였습니다.

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

2018년 4월



2018 AAOS 참관기

조선대학교병원 조승환

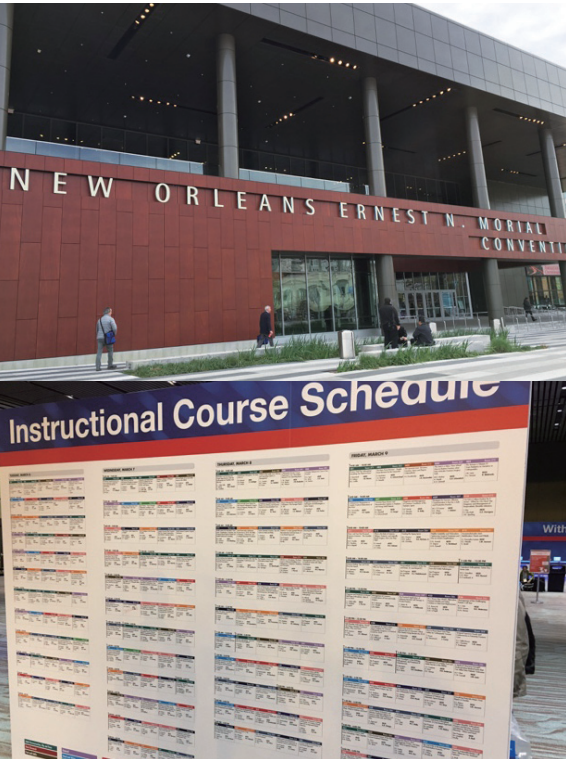


사진. AAOS 가 열린 Ernest N. Morial Convention (뉴올리언스 최초의 흑인 시장을 기념하였다고 한다.) 과 전체 ICL 스케줄.

AAOS (American Academy of Orthopedic Surgeon) 2018 annual meeting 이 2018년 3월 6일부터 10일까지 미국 동남부에 위치한 루이지애나주의 뉴올리언스, Ernest N. Morial Convention Center에서 개최되었다. 홈페이지에 게시된 2018년 통계를 보면 11,500여명의 정형외과 의사가 참석하였으며 이중 3,000여명정도가 미국 외 지역에서 참가한 것으로 보인다. 이외에도 1,400명 정도의 의료 관련직 (Allied health), 10,500 여명의 Exhibitor 등을 포함하여 모두 약 25,000 여명의 정형외과 관련 인원이 참석하였다.

올해 AAOS 에서는 900여개의 podium 발표와 1,000여개의 poster 전시, 13개의 주제로 나뉘어진 240여개의 ICL session 그리고 25개의 symposia가 열렸다. Symposia 주제는 해마다 등장하는 주제들이 대부분이었지만 Pathologic Fracture, Opioid Epidemic, PRP and stem cell 에 많은 시간이 할애되었다. 워낙 프로그램 및 학회장이 방대하다 보니 어떤 내용을 들어야 할지 어떤 동선으로 이동을 해야 할지에 대해 매시간마다 고민하게 되었는데 학회에서는 Education Track 이라고 하여 10개의 세부분야에 대해 교육에 적절한 ICL, symposia 및 case presentation session 을 묶어서 Package 로 판매하고 있으니 이를 미리 파악하는 것도 좋을 것이라 생각된다.

국내에서는 23개의 podium 그리고 40개의 poster 발표가 있었으며 이외에도 Orthopaedic Video Theater 에 국내에서 3개의 비디오가 발표되었는데 이중 이한준 교수님이 Pie-Crusting Technique에 대한 비디오로 Honorable Mention - Adult Reconstruction Knee 에 선정되시는 쾌거가 있었다. 반면 조금 아쉬웠던 부분은 국내에서 발표한 주제들 중에 Computer Assisted Surgery 에 관련된 내용은 많지 않았다는 점인데 송은규 교수님팀 (Poster 0633)과 박상진 선생님 (Poster 0634)이 각각 Robot assisted TKA 에 대한 인상 깊은 임상 결과를 발표하였다. 해당 내용은 www.aaos.apprisor.org 에서 다시 확인할 수 있다.

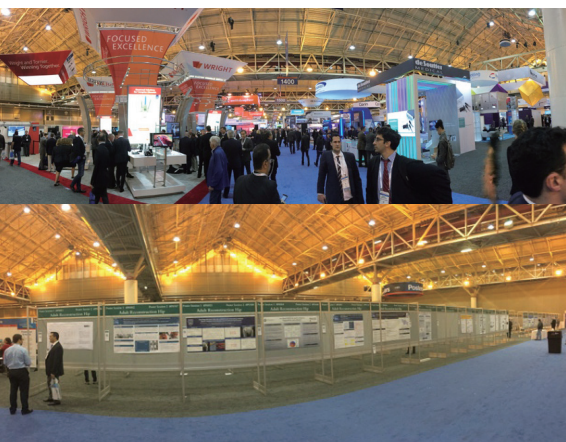


사진. 650여개의 industrial booth가 전시된 Exhibition hall 과 1000여개의 포스터가 전시된 Academy hall.

올해에는 기업들에 의해 후원되어 이루어지는 소규모 세션들이 활발히 진행되었는데 14 개의 Ask an Expert session, 14개의 Technology Theater session, 그리고 23 개의 bioskills session 등이 있었다. 이중 Ask an Expert session에서는 본인의 증례를 직접가지고가서 토론할 수 있다는 점이 인상깊었으며 다양한 Session 에서 3D 프린팅을 이용한 골 이식 및 골교정 수술방법이 논의 되었다. Technology Theater session은 최신 기술을 소개하는 내용이 많았는데 “Hottest ortho app” , “Automate your practice” , “The Use of Computer Modeling 3D Printers in Hip Preservation and Arthroplasty Surgery” 같은 주제로 수술 및 환자관리에 이용할 수 있는 모바일 어플리케이션이나 최신 프로그램, 3D 프린팅들이 소개되었다.

AAOS 의 마지막 날인 토요일에는 Specialty day 라 하여 세부 학회들이 열리는 데 보통 귀국일정때문에 참석하기 어려운 경우가 많다. 하지만 올해에는 The Knee Society 에서 김영후 선생님께서 “Does Ceramic Bearing Articulation Improve

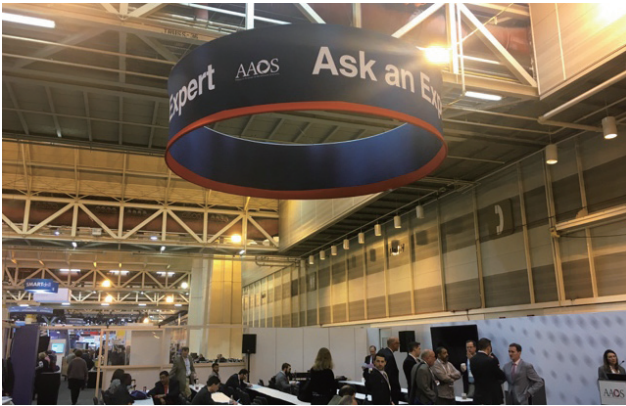


사진. Ask an Expert session 및 Technology Theater : 3D 프린팅을 포함한 최신 기술이 쇼케이스 형식으로 발표되었으며 Session 중 그리고 Session 후 자유롭게 토론이 이루어졌다.

the Clinical Outcomes of Total Knee Arthroplasty in Younger Patient?” 논문으로 Mark Coventry Award 를 수상하여 한국 정형외과의 위상을 드높이셨다.

이번에 AAOS 가 개최된 뉴올리언스는 1941년 첫 AAOS 심포지움 이후 올해 11번째 개최되었다고 한다. AAOS 가 학술의 열기의 장이라면 뉴올리언스는 축제와 재즈의 열기로 뜨거운 도시로 알려져 있다. 1718년 프랑스의 루이지아나 총독에 의해 설립된 도시로 아직도 프랑스 식민지 시대의 모습이 많이 남아 있으며 “Big Easy”라는 별명이 있다. 우리에게는 2005년 태풍 카트리나의 피해로 알려져 있지만 세계 4대축제 중 하나로 꼽히는 마르디 그라 (Mardi Gras) 가 열리는 도시로 매년 1,000만명 이상의 관광객이 찾는 관광도시라고 한다. 특히 학회장에 인접해 위치해 있는 French Quarter 의 Burbon Street (프랑스 왕가의 이름에서 유래하였다고 한다) 는 하루 24시간 관광객들로 떠들썩하다. 재즈의 발상지이며 루이 암스트롱이 태어난 도시답게 어떤 곳을 들어가더라도 어김없이 재즈 음악을 라이브로 연주하고 있었다.

2014년 첫 AAOS 참가 후 (공교롭게도 그해에도 뉴올리언스에서 개최되었다) 올해가 4번째 AAOS에 참석할 수 있는 기회였는데 개인적으로 느끼는 것은 해마다 Podium, Poster 주제에서 로봇, 3D프린팅 및 컴퓨터 소프트웨어의 이용에 대한 발표가 눈에 띄게 증가하고 있다는 것이다. 이러한 경향은 Exhibitor booth 에서 더 확실히 나타나는 것 같다. 단순히 금속판이나 인공관절 제품을 나열해 놓는데 그치지 않고 Virtual reality 나 로봇 수술에 대한 소개 및 체험이 많은 부분을 차지하였다. 이러한 점을 고려할 때 지금까지도 그랬지만 앞으로 정형외과의 발전에 있어 더욱 CAOS의 역할이 중요하리라고 생각되었다.

2019년 AAOS는 네바다주의 라스베가스에서 2019년 3월 12일부터 16일까지 개최될 예정이며 우리나라가 Guest Nation으로 선정되어 세계속에 한국 정형외과의 위상을 드높일 것으로 기대된다.

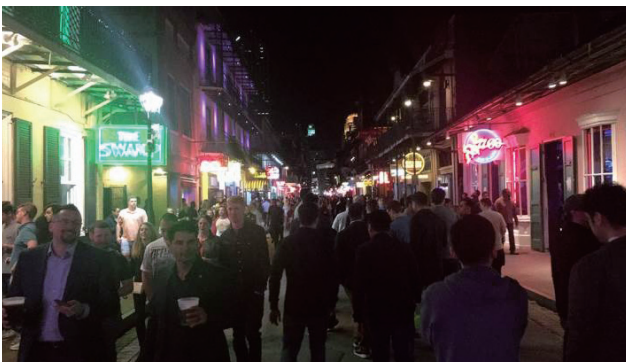


사진. Burbon street 의 저녁모습으로 어느 곳에 가든지 재즈음악이 연주되고 있었다.

정형외과 수술 관련 1회용 치료재료품목의 급여화

중앙대학교 의과대학 중앙대학교병원 정형외과 박용범

1회용 치료재료를 중 환자 안전에 꼭 필요한 치료재료를 적절한 비용 보상이 이루어지지 않아 환자 안전을 위협할 수 있는 사건들이 발생할 수 있어, 이에 대한 적절한 보상이 이루어져야 한다는 여론에 힘입어 복지부에서 이와 관련된 품목들을 정리하여 52 품목을 3단계 로드맵을 통하여 급여화를 진행하기로 하였다.

국내외 문헌, 가이드라인을 통해 환자 안전과 감염예방에 효과가 입증돼 사용을 권장하는 치료재료품목들에 대해 급여화를 하기로 하였으며, 이 중 수술과 직접적으로 연관성이 있는 품목은 1회용 제모용 클리퍼, 1회용 수술용 방호 후드 및 1회용 수술(시술)팩으로 그 동안은 수술 수가에 포함된 것으로 간주되어 별도의 비용 청구가 불가능 하였었다.

첫번째로 1회용 제모용 클리퍼는 감염예방을 위해 체모를 제거하는 데 사용하는 치료재료로 정형외과 수술시에는 인공관절치환(고관절) 수술시 수술에 방해가 될 정도로 체모가 있는 경우 사용 시 1개를 인정한다고 고시하였다..

두번째로 1회용 수술용 방호 후드는 수술 시 혈액, 골 조직 파편 등의 오염 물질로부터 보호하기 위해 사용하는 치료재료로, 혈액 매개 감염병 환자의 수술, 인공관절 치환술, 인공관절 재치환술 또는 중앙응급의료센터, 권역응급의료센터, 권역외상센터, 전문응급의료센터에서 중증응급환자 또는 중증응급 의심환자가 응급실 내원 후 24시간 이내 수술을 하는 경우에 한하여 인정되며, 수술 당 최대 4개 이내의 실사용량까지만 인정된다. Face shield와 1회용 수술용 방호 후드를 동시에 사용하는 경우 종류에 관계없이 합산하여 수술 당 최대 4개 이내 실사용량을 인정함으로 동시 사용시에는 사용량을 고려하여야 한다.

마지막으로 1회용 수술(시술)팩은 수술 부위에 덮어 오염 등으로부터 보호하는 데에 사용하는 일회용 방수 소독포와 가운 등을 포함한 패키지 제품으로 환자용, 의료진용, 수술기구용, 기타 구성품으로 구성돼 있어 환자의 안전 및 감염 예방에 꼭 필요한 제품이다. 마취에 의한 수술이나 중재적 방사선시술, 자연분만시 수술 당 1팩이 급여로 인정되며, 협의 진료로 2가지 이상의 수술을 동시 시행할 경우에는 추가산정도 가능하다.

수술팩은 처치를 제외하고 정맥마취, 전신마취, 척추마취, 경막외마취, 상박신경총마취, 척추경막외마취를 한 경우에만 산정이 가능하고 표면마취, 침윤마취 및 간단한 전달마취로 수술을 시행한 경우에는 해당되지 않으므로 리도카인등으로 국소마취를 시행한 수술의 경우에는 산정할 수 없다.

양측을 수술하는 경우, 앞뒤 수술(예, 척추)을 시행하는 경우에도 수술팩은 1개만 인정된다.

정형외과 수술의 경우 수술팩 산정 방법은 shoulder, hip, knee 관절치환 수술팩 5만 2870원 또는 마취 시간별 수술팩 (I) - (IV)중 해당 수술팩 치료재료 비용을 산정한다 (별첨1). 수술팩 (I)은 마취시간 1시간 이하로 3만 5970원, 수술팩 (II)는 마취시간 1~3시간으로 4만 5390원, 수술팩 (III)는 마취시간 3~6시간으로 5만 1180원, 수술팩 (IV)는 마취시간6시간 초과로 7만 620원의 상한액이 적용되며, 수술 시작 전 예상되는 마취시간에 따라 수술팩 (I) ~ (IV) 중 알맞은 비용을 산정하면 된다.

단 1회용 수술팩과 기존 린넨팩 관리료를 동시에 산정할 수는 없으며, 1회용 수술팩을 사용하지 않고 린넨팩을 사용하는 경우 [건강보험 행위 급여, 비급여 목록표 및 급여 상대가치점수]의 해당 린넨팩 관리료를 별도 산정할 수 있으며, 이는 2018년 12월 31일 까지 한시적으로 적용된다.

수술(시술)팩은 감염예방 및 환자안전을 위해 사용하는 것으로 배리어 성능 관련 학회 권고사항을 참조하여 업체 허가사항상 관련 내용을 확인하고 수술(시술)별로 적절히 사용할 것을 권장하고 있다 (별첨2).

별첨 1

연번	명칭	관리진료과	EDI코드	분류번호	행위명
1	수술력(I)(마취시간1시간이하)	정형외과	N0911	자91	간 인대피하단열수술
2		정형외과	N0912	자91주	간 인대피하단열수술-간단한건봉합술만경우
3		정형외과	N0922	자92-2가	근막결개술-단순결개
4		이비인후과	Q2172	자217나	설단스중수술(복잡한것)
5		이비인후과	Q2300	자230	편도전적출술
6		외과_대장항문	Q3015	자301가	치핵수술(혈전제거술및회피절제술)
7		외과_대장항문	Q3016	자301나	치핵수술(음고,소작(레이저포함),경화요법및고무밴드결합술)
8		산부인과	R4241	자424-1	자궁경하자궁내막포립제거술
9		산부인과	R4261	자426가	자궁경부원추형절제술-수술도이용
10		산부인과	R4262	자426나	자궁경부원추형절제술-전기루프이용
11	수술력(II) (마취시간1시간 ~3시간)	정형외과	N1499	자49-1다	척추로궁절제술-요추
12		정형외과	N0983	자60-1다	체외급속고정술(전완골)
13		외과_내분비	P4551	자455가(1)	갑상선수술(냉종,선종,갑상선기능항진등)(갑상선엽전절제술)-편측
14		산부인과	R4421	자442가	부속기종양적출술(양측-양성)
15		산부인과	R4143	자414가(1)	전자궁적출술(림프절절제술하는경우)-단순
16		이비인후과	Q2231	자223가	이하선종양적출술(양성)
17		이비인후과	S5651	자565	고막성형술
18		정형외과	N0700	자70나	사지관절절제술(활막절제술포함)-견관절
19		외과_유방	N7133	자713가(3)	유방절제술-양성-부분절제
20		외과_대장항문	Q2861	자286가	출수절제술(단순)
21	수술력(III)(마취시간3시간~6시간)	신경외과	N0333	자33나	개두술또는두개절제술(두개감압술)
22		정형외과	N0466	자46가(3)	척추고정술(기기,기구사용고정포함)-전방고정-요추
23		외과_위암	Q2533	자253가(1)	위전절제술(복부접근)-림프절정소를포함하는것
24		비뇨기과	R3273	자327라	신적출술(근지적전적출(림프절및부신적출포함))
25		비뇨기과	R3290	자329	신부분절제술
26		외과_내분비	P4561	자456	갑상선악성종양근치수술
27		신경외과	S4641	자464가	뇌동맥류수술-단순(경부Clipping)
28		외과_간담췌	Q7221	자722가	간절제술-부분절제
29		외과_간담췌	Q7563	자756다	췌장절제술-체부절제
30		외과_대장항문	QA672	자267다(1)	결장절제술(전체)-림프절정소를포함하는것
31	수술력(IV)(마취시간6시간초과)	신경외과	S4636	자463나(1)	종양절제술위험개두술(천막하부)-단순
32		신경외과	S4661	자466가	두개강내혈관문합술-직접법
33		외과_간담췌	Q7342	자734나	담도종양수술-악성(근지적담도절제술)
34		외과_간담췌	Q7571	자757가	췌십이지장절제술-위불비수술
35		외과_간담췌	Q7572	자757나	췌십이지장절제술-유문보존수술
36		외과_간담췌	Q7230	자723	간췌십이지장절제술
37		흉부외과	O1782	자178나	판막성형술(승모판)
38		흉부외과	O2006	자200-1가	부정맥수술-상심실성부정맥
39		흉부외과	O2031	자203가	동맥류절제술(혈관이식술포함)-상행대동맥
40		흉부외과	Q2366	자236-1나	식도절제술(위이용)

별첨 2

구분	학회 의견			
식약처 성능 기준	발수도 45g이하	발수도 1g이하 내수도 20cm이상	발수도 1g이하, 내수도 50cm이상	인공혈액침투시험 적합
FDA 성능 기준	LEVEL 1	LEVEL 2	LEVEL 3	LEVEL 4
해당 수술		(외과) 탈장 수술 (비뇨기과) 서혜부 수술(정계정맥류 절제술, 음낭수종절제술, 고환고정술 등) (비뇨기과) 경요도 수술(TURP, TURP, HoLEP, cystolitholapaxy 등), 요관경 수술(요관경 하 제석술 등), 경피적 신절제술, 요실금 수술 등 (안과) 백내장, 녹내장, 유리체 망막수술, 사시수술 등 (산부인과) 자궁경수술, 질내내시경 등 (성형외과) 얼굴 수술(안면 골절 정복술, 안면 미용수술(단순), 안면 미용수술(복합, 안면거상술)) (치과) 치아 및 치주 질환 수술 등	(외과) 복경장 수술(중수절제술, 담낭절제술 등), 갑상선, 유방 수술, 항문수술 등 (이비인후과) 비강 및 부비동 수술(내이전근) 구강 양성질환 수술, 후두 및 성대 수술 (현수후두경 또는 면성내시경하), 의이 및 의이도 양성질환 수술, 고막전개 및 항기관 삽입술 등 (비뇨기과) 경요도 수술(TURP, TURP, HoLEP, cystolitholapaxy 등), 요관경 수술(요관경 하 제석술 등), 경피적 신절제술, 요실금 수술 등 (안과) 백내장, 녹내장, 유리체 망막수술, 사시수술 등 (산부인과) 자궁경수술, 질내내시경 등 (성형외과) 얼굴 수술(안면 골절 정복술, 안면 미용수술(단순), 안면 미용수술(복합, 안면거상술)) (치과) 치아 및 치주 질환 수술 등	(외과) 복경장 수술(대장 및 위 절제술), 개복술, 간이식 등 (이비인후과) 비강 및 부비동의 악성종양 절제술 및 비외절근법을 통한 부비동수술, 경부 양성종양 절제술, 갑상선 수술 (림프절청소제외) 경부 림프절청소술을 포함한 두경부 악성종양 수술, 고실개방술 및 고막성형술 (이소플 수술 포함), 유양동절제술 및 인공와우수술, 미르절제술, 청신경종양, 청기의 악성종양 및 병변이 뇌경막과 인접한 경우 (흉부외과) 개흉술, 흉강경, 대동맥수술, 개심술 등 (비뇨기과) 신장수술(근치적 신적출술, 근치적 방광전출술, 근치적 전립선 정낭 전출술, 신요관전적출술, 신우성형술, 방광부분절제술, 관협적 요관절제술 등), 신이식 수술 등 (신경외과) 개두술, 척추수술, Shunt 등 임플란트 삽입술 등 (산부인과) 제왕절개술, 개복술 등 (성형외과) 피부이식(유리피판술 등), 상·하악골 골절수술 유방재건술, 두개안면 재건 성형술, 사지절환수술 등 (정형외과) 인공관절치환술, 척추수술, 관절경, 골절 수술 등 (치과) 구강악안면수술, 악성종양절제술 등

‘바스톤’ (Boston)에서 고수되기

경북대학교병원 **백승훈**



그림 1. 보스톤에 오신 것을 환영합니다. General Edward Lawrence Logan International Airport

Massachusetts General Hospital에서 연수를 끝내고, 귀국한지도 벌써 1년이 지났다. 그러나, 경험으로 무언가를 배운다는 것은 경험 그 자체보다는 이후의 사색의 과정을 필연적으로 동반하기에 복기(復基)의 심정으로 짧게나마 소고(溯考 혹은 小考)하는 것이 중요하다고 하겠다. 그런데 막상 소고를 쓰기에 고민이 된다. 감히 무슨 학문을 했노라고 이야기하기엔 1년 몇개월의 기간이 충분치 않고, 지금 생각해 보면 집-병원 이외의 동선에서 크게 벗어난 것은 학회, 가족여행 그리고, 생필품 구입을 위해 몇 차례 downtown과 bay area, suburbs를 가본 것 이외에는 특별한 기억이 없다. 그래서, 경험과 느낌을 토대로 보스톤과 연수생활에 대해 간단하게 소개하고자 한다.

Boston, 역사의 도시

미국에서 가장 오래된 공립 공원인 보스톤 커먼(Boston Common), 미국 최초의 지하철인 보스톤 Red-line을 비롯하여 ‘미국 최초’ 라는 수식어가 붙는 기념물이 즐비하고, Boston Tea Party와 Freedom trail을 알고, license plate slogan인 ‘Spirit of America’ 가 연유한 의미를 이해한다면 미국 역사에 대한 상당한 식견의 소유자임에 틀림이 없다. 그러나, 오늘날의 보스톤이 유명해진 이유는 ‘최고(最古)’ 가 아닌 수많은 ‘최고(最高)’ 에 있음은 두말할 필요가 없을 것이다.

Boston, 예술 · 문화의 도시

흔히 버클리음대(Berklee college of music)가 서부명문인 UC버클리(UC Berkeley)와는 철자도 지역도 전혀 다른 대학으로, 실용음악부분에서 줄리아드음대(The Juilliard School)와 자웅을 겨룬다는 것을 안다면 하수 이상의 음악애호가라 할 수 있을 것이고, Boston Symphony Orchestra(BSO)가 뉴욕, 시카고, 클리블랜드, 필라델피아와 함께 미국 5대 오케스트라로, 세계 3대 필하모니인 뉴욕과 쌍벽을 이루고, 거장으로 존경받는 Seiji Ozawa가 30여년간 이끌었다는 사실을 안다면, 중수 이상의 애호가라 하겠다.



그림 2. 1630년은 우리나라는 인조8년. 당시 건축물이면 중요성이나 보존정도에 따라 우리나라였으면 ‘보물’ 정도에 해당할 듯하다. Boston에는 이런 보물들이 널려있다. 기록과 보존, 의미 부여의 중요성.



그림 3. Boston Common, 최초의 공립공원이자 여유있는 아침이면 걸어서 출근하던 곳



그림 4. ‘The’ Spirit of America, 보스톤과 Bostonian의 자부심(혹은 오만함)을 압축해주는 자동차 license plate. 난폭운전과 도로위 욕설(road rage)만은 ‘The Shit of America’



그림 5. Berklee college of music. 싸이가 중퇴 해서 유명해진.



그림 6. 보스턴 미술관. 미국3대 미술관. 믿거나 말거나

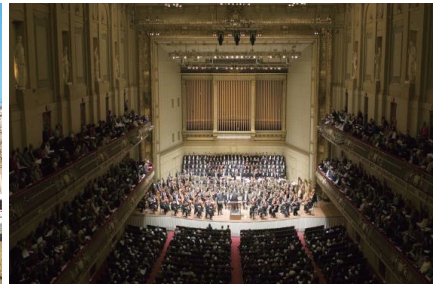


그림 7. BSO. 연주 중 촬영 금지안내에도 불구하고 사진찍는 사람. 어딜가도 이런 사람 꼭 있다.

Boston, 스포츠의 도시

세계 3대 마라톤 대회로, 가장 유서깊은 보스턴 마라톤 대회가 매년 Patriots' day(4월 3째주 월요일)에 개최되고, 보스턴 레드삭스 (Boston Redsox)가 '밤비노의 저주' 로 유명한 유서깊은 Fenway Park(1912년 개장)를 홈구장으로 사용하고 있다(좌석당 평균 가격이 제일 비싼건 됨).

가장 미국적인, 그리하여 미국에서 가장 핫한 스포츠를 꼽으라면 뭐니뭐니해도 미식축구일 것이다. 스포츠 인기를 굳이 객관적으로 평가하자면, 광고 단가를 척도로 삼을 수 있고, 수퍼볼 결승전의 광고 단가는 초당 1억6000만원, 30초 1편당 50억 이상으로 가장 비싸다. 그리고, 보스턴의 미식축구 팀이 바로 뉴잉글랜드 패트리어츠(New England Pats)로, Pats의 팀닥터들이 바로 필자가 연수를 다녀온 MGH에 포진해있다. 개인적으로는 그 어떤 스포츠나 기업로고보다도 보스턴을 가장 함축적으로 설명할 수 있는 팀 엠블럼(emblem)과 팀명을 사용한 예라고 생각된다. 더욱이 뉴잉글랜드 패트리어츠(New England Pats)의 스타 쿼터백 톰 브래디의 아내가 수퍼모델 지젤 부천인 것까지 안다면 가히 중수 이상의 스포츠 매니아라 평할만 하겠다.



여기서 한 가지, 뉴잉글랜드 패트리어츠는 2004년 2005년 우승이 후 2015년까지, 10년 간 우승의 문턱에서 번번이 좌절되었다. 그 이유가 스타 쿼터백 톰 브래디가 수술을 서부에서 받았기 때문이라 나... 동부사람들 특유의 자존심과 오만함은 정말이지.



그림 8. 보스턴 마라톤. My bucket list, 1896년 1회 아테네 올림픽을 기념하기 위해 1897년부터 시작되었다고 한다.



그림 9. Boston Celtics 홈구장인 TD Garden은 MGH와 걸어서 5분 거리에 있다.



그림 10. Congrats! New England Pats won Super Bowl LI, claiming 5th title (출처: <http://www.patriots.com>)



Boston, 대학의 도시

보스턴에는 하버드대학과 MIT(Massachusetts Institute of Technology)만 있는 것이 아니다. 대학의 좋고 나쁨을 단순한 순위로 평가할 수는 없지만, 2013년 발표(<http://www.timeshighereducation.co.uk/world-university-rankings/2012-13/world-ranking>)에 따르면, 골프의 필수품, 보스턴 백(Boston bag, Overnight bag)으로 알려진 Boston University(54위), University of Massachusetts(UMASS, 72위), Tufts University(87위) 등이 세계대학 100위권 내에 있다. 그러나, 일반적으로 이야기하는 보스턴 대학이 Boston University(BU)를 지칭하고, 이와는 별도로 Boston College(BC)가 실제 이름과는 달리 단과대학이 아닌 종합대학으로 250년의 역사를 가지고 있으며, 실제 미국 대학 순위에서 26-31위 정도로 BU보다 높은 순위에 있다. 실제, 미국 사람들도 BU(미국 랭킹 51위)보다 BC를 상위랭커로 인식하고 있으며, 보스턴 한인 교포들도 BU라고 하면 '카페 많은 학교', BC라고 하면 '공부하는 학교'로 이야기한다. 그럼, BU가 노는 학교이나? 앞서 발표에 의하면 세계 랭킹 54위이다. 또, 보스턴 외곽의 Wellesley College는 미국 최고의 여대로, "세상을 바꾸는 여성으로 교육하라"는 모토에 따라 힐러리 클린턴을 비롯한 수많은 여성 지도자를 배출하였다. 또 세계랭킹과는 별도로 Tufts University가 의과대학이 유명하며 미국내 순위가 20-30위권에 랭크되어 있는 명문이고, 40위권의Northeastern university도 보스턴에 있다는 아는 분이 계시다면, 필시 자녀의 미국 입학에 고려하고 계신 학부모일 가능성이 크다.



그림 11. 결혼후 한국에서 한번 이사를 해본 것 같다. 본의 아니게 미국에서 2번 이사를 하게 되었는데, 사진은 세번째 거주하던 캠브리지의 아파트에서 바라본 찰스강과 하버드대학(좌측, 3개의 흰색 첨탑). Hurricane 이후의 사진이지만, 'New England Fall' 만큼은 미국 동부생활의 고단함을 치유해줄만큼 장관이었다. 명불허전(名不虛傳)! 그러나... 11월부터 벌써 눈이 내리기 시작한다(중양). 머리가 복잡할 때면 찰스강을 따라 집에서 하버드까지 산책하곤 했다(우측).



그림 12. GDP로 보았을 때, Massachusetts 주를 따로 떼면 어떤 나라를 만들 수 있을까? (2007년) 참고로 2007년 자료에서 한국은 Florida 정도로 4위에 rank되어 있다. 2014년에는 New York 주(3위)로 성장하였다. 미국내 1,2위는 각각 California주, Texas주(석유의 힘)이다.(출처: Bureau of Economic Analysis and International Monetary Fund, <http://thempfa.org/us-map-states-cities-labeled/us-map-states-cities-labeled-us-state-map-labeled-www-protectmachinery-com>)

Boston, 작지만 강한 도시 (Boston Strong)

Massachusetts 주(필자는 이 철자를 완벽하게 적을 수 있는 외국인이었다. 미국인들은 더욱 드물어, Mass라는 약자를 선호한다)의 GDP는 미국 내 50개 주중 11-12위(\$368 billion/2007년, \$437 billion/2013년), 인구는 670만(비교한다면, 울산을 제외한 경상남도+부산 인구) 정도로 15위, 면적은 남한의 1/4 정도로 44위(반대로 이야기하자면 7번째로 작은 주)에 해당한다. 이중, 보스턴은 64만 인구(미국내 순위 21위)로 한국의 지역구(61만명, 2013년) 정도의 수준이다.

그럼, Massachusetts 주를 따로 떼면 어떤 나라를 만들 수 있을까?

GDP로 본다면, 2007년에는 벨기에, 2014년에는 태국을 만들 수 있다. 차이점이라면 1120만(벨기에), 6700만(태국) 인구가 필요하다는 것. 참고로 전반적인 집값 시세는 뉴욕-샌프란시스코 및 Tech valley area-뉴욕에 이어 3위라고 한다.

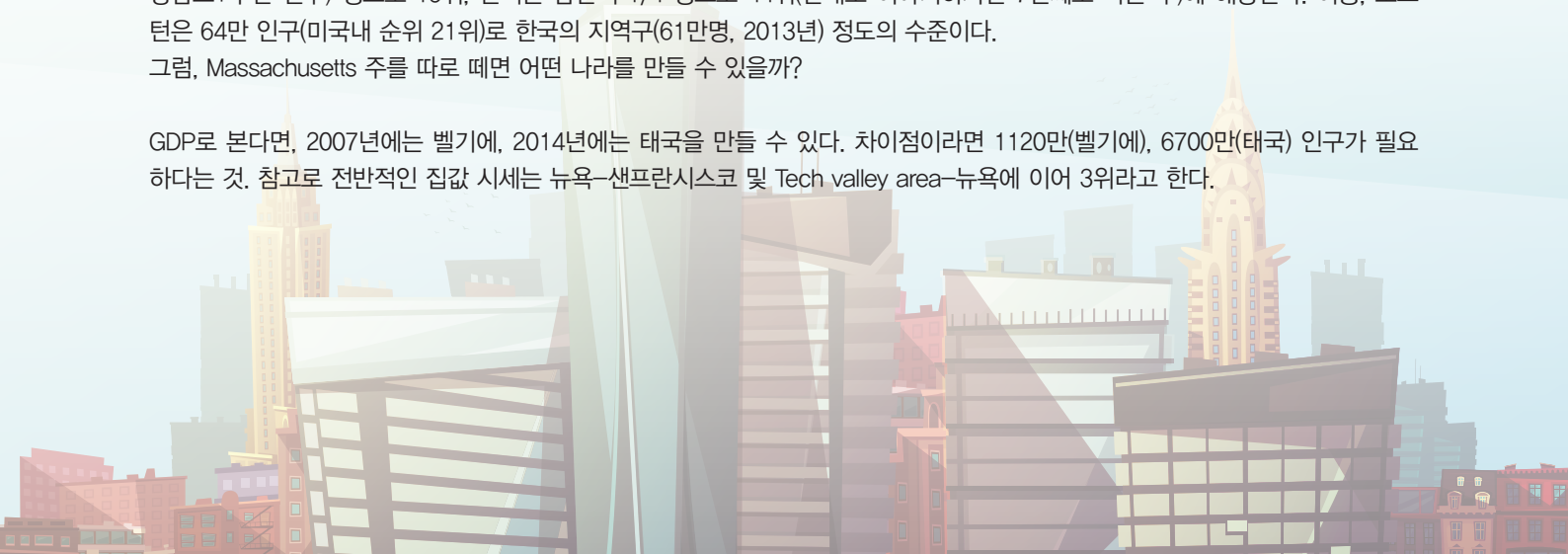




그림 13. MGH 정형외과 Research Poster Session이 열린 Massachusetts Medical Society 건물. 잡지도 하나 발간한다. 이름하여 New England Journal of Medicine

Boston, 바이오 산업의 도시

그럼, 보스턴과 매사추세츠 주에는 어떤 기업이 있을까? 지금까지 재미없는 숫자이야기를 하는 이유이다. New balance(신발), Dunkin Donuts(식품) 그 외 투자 좀 해보신 분이면 아실만한 Fidelity investment나 BCG(Boston Consulting Group) 등이 있다. 그러나, 이들 기업들만으로 벨기에 정도의 GDP를 창출할 수 있을까?

미국내 고등 교육의 중심지로서 보스턴은 전세계에서 몰려드는 입학학생들의 기여 금액이 50억달러 이상되고, 이는 도시의 경제에 흘러들어간다(그래서, 혹자는 보스턴에서 제일 큰 기업은 하버드라고 하는 이도 있다). 이게 다가 아니다. 이러한 고등 교육의 핵심에는 의료 내지는 바이오가 있다. 보스턴은 의료(산업)의 중심지이다. 미국에는 125개의 의과대학이 있지만, 의과대학이 하나도 없는 주가 6개나 된다. 한국과는 달리, 한 도시에 의과대학이 3개 이상되는 도시는 뉴욕, 시카고 등의 metropolitan을 제외하면 흔하지 않다. 그런데, 보스턴에는 의과대학이 4개나 된다(그것도 30위권 이내). 많은 타주의 환자들이 보스턴에서 치료를 받고 싶어 하며, 수많은 바이오 혹은 벤처 기업들이 대학(혹은 병원)에 줄서서 연구비를 지원하고 있다. 매년 NIH(미국 국립 보건원)에서 받는 연구비 총액은 미국 전체 도시 중 최고이다.



그림 14. 9:27 procedure stop, dressing 9:29 extubation, 수술실 사용시간이 분단위로 계산되어 평가에 반영된다.



그림 15. 고관절 인공관절 치환술. 2명이 해도 손이 부족하다는 생각이 전혀 들지 않는다. 대신 사람의 손을 대신할 수 있는 많은 instrument들이 준비되어야 한다.

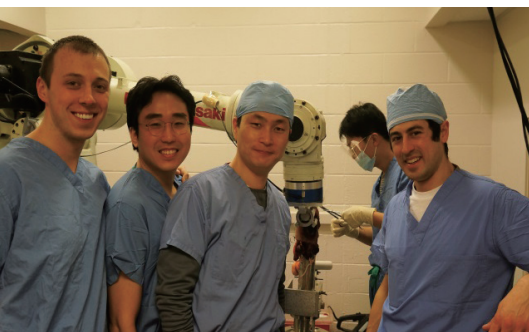


그림 16. Lab alumni인 연세대 박관규 선생님, Dr. Martin 과 함께. 그 외 중국인 의사 및 MGH clinical fellow

MGH, 전환점이 되었던 연수

이른 출근의 의사들. 매주 2일은 오전 6시 30분(출근시간을 고려하면 최소 5시 40분전에는 집에서 나와야 한다)에 PreOp/PostOp conference가 마치면, 7시 30분에 수술이 시작된다. 미국에서의 의료 행위는 모두 경제적인 관점에서 진행된다. 수술의 난이도에 따른 합리적인 보상 이외에도 수술실 사용시간, 동원되는 인력의 수도 모두 input으로 계산되기 때문에, 최소인력, 최소 수술실 체류시간이 원칙이었다. 즉, 최소 인력을 위해 수많은 instrument들이 개발되어 있고(미국적인 관점에서는, instrument 구입비가 인건비보다 저렴하다), 집도이가 surgical dressing을 마칠 무렵에는 마취과 의사가 intubation tube를 뽑을 준비를, fellow가 Foley line을 잡고 있다가, dressing종료와 동시에 transportation car에 옮기면서 extubation을 바로 하는 것이 인상적이었다(물론 최소 체류시간과 최소 인력을 위해 집도이가 drape부터 dressing까지 참여한다).

외래진료의 경우, 5~6개의 독립된 진료실에 각각 펠로우나 수석 전공의가 병력 청취와 이학적 검사를 미리 하고 consultant 전문의가 순환하면서 진료를 시행한다. 보통 오전 진료는 점심시간없이 3~4시까지 이어진다. Dr. Andrew Freiberg (Freiberg's disease를 처음 기술한 Alfred H. Freiberg의 증손자)가 'Lunch?' 라고 하면서, 웃으면서 사탕을 하나 건네주곤 하였는데, 4시까지 외래진료 후 체력 좋은 Dr. Freiberg가 '환자가 너무 많았다.'고 힘들어 하던 기억이 있다. 그날 30명 진료했다.





그림 17. Posterolateral corner reconstruction 실험 중. lab의 사정으로 귀국 전날까지 실험을 해야 했다.

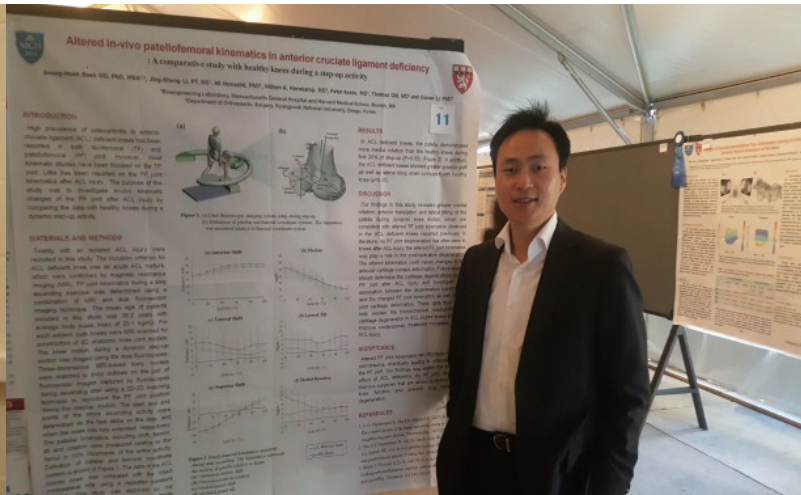


그림 18. MGH clinical research day. MGH 각과에서 제출된 345편의 초록으로 1일간 학술대회를 진행한다. MGH의 힘을 느끼던 날.

실험실에서의 연구는 크게 1) MRI, DFIS(Dual Fluoroscopic Imaging System) 및 Advanced Computing Technique을 이용한 운동 역학 분석, 2) Robotics를 이용한 in-vivo 운동 분석으로 나뉘며, 각 프로젝트마다 Clinical Fellow, PostDoc, PhD Candidate, Foreign country MD, BS student가 한팀으로 매칭되어 진행되었다. 이미 많은 선생님들이 연수를 다녀가신 관계로 구체적인 방법은 충분히 소개되었으리라 생각한다. 내가 참여한 프로젝트는 In-vivo articular contact analysis during a dynamic step-up activity, altered in-vivo patellofemoral kinematics in anterior cruciate ligament deficiency, mechanics of dual mobility impingement and dislocation, in-vivo kinematic analysis of total knee arthroplasty 및 in-vivo kinematic analysis of PLC complex deficiency and reconstruction이었다.

실험실 생활은 한국에서의 생활을 복기하고, 앞으로 한국에서 어떤 연구를 할 것인가에 대한 진지한 고민을 많이 했던 귀중한 시간이었다. 넘쳐나는 우수한 인재와 풍부한 fund도 있지만, 무엇보다 이런 resource들을 유기적으로 well-organize 할 수 있는 시스템과 하버드라는 자부심이야말로 MGH를 움직이는 힘이 아니었나 생각된다. 또한, lab의 성쇠망盛衰亡을 2번의 시간차 연수를 통해 직접 겪어봄으로써, PhD 선생들의 고충을 나의 일처럼 이해할 수 있는 시간이었다. 마지막까지 생사고락을 함께 했던 5명은, 10년간 lab에 몸담았던 동료의 이야기로는 자기가 10년간 겪어본 풍파를 단 1년 만에 대부분 겪어본 희귀한 케이스였다나...

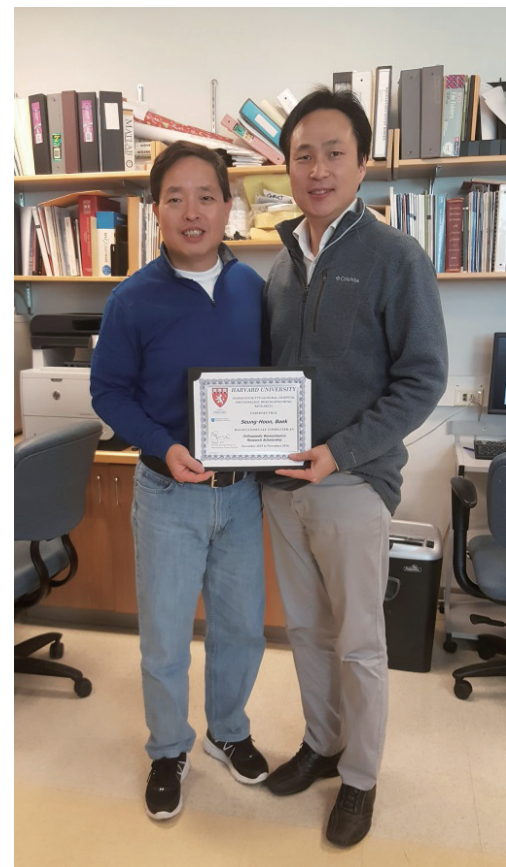


그림 19. Guoan Li선생님, 당신을 영원히 응원합니다! MGH bioengineering lab의 director이신 Guoan Li선생님과, 정이 많고, 순수하신 따뜻한 분.



그림 20. 귀국전 스승님이신 김신윤 교수님, 스승님의 스승님이신 Rubash 선생님(MGH Orthopedics Chair) 가족과 함께. 인간적인, 너무나 인간적인 분들.

마무리로..

실험실의 왼쪽 mate는 MIT졸업-Harvard의대 학생, 오른쪽 mate는 베이징대학 정형외과 의사. 이렇게 세계 각국의 인재들이 모여드는 보스턴이지만, 개개인의 우수함과 성실성만큼은 한국인이 결코 뒤쳐지지 않을 것이다. 다만, 개개인의 포텐이 만개할 수 있도록 격려해주고, 상호 소통과 합의에 이르는 시스템의 승리라고 할까. 또한 인생과 연구에 대한 진지함과 확고한 믿음은 단시간의 암기가 아닌 장시간에 걸친 조화된 교육과 자기성찰에서 비롯된다고 할까... 시스템도 교육도 역사의 산물이고, 역사는 인간에 의해 만들어지므로, 결국 모든 것이 또다시 사람으로 귀결한다.

연구소 내외적인 사정으로, 촉박한 연수일정이었지만, 아쉬운 부분은 한국에서 다른 연구를 통해 정리할 기회가 있으리라 생각한다. 다만, '새로운 학문을 배우고, 새로운 경험을 하고...' 하는 연수 생활도 좋지만, 개인적으로 지난 연수를 통해 얻은 가장 큰 보물은 가족이었으며(원래 같은 자리에 있었지만. 얼마나 어리석었던가), 요즘 회자되는 워라벨(Pursuit of Happiness, Work-Life Balance)하는 미국인들의 생활 자세를 많이 배운 것 같다. 비록 바쁜 일상에 쫓겨 지금 생활과도 다소 거리는 있지만, 지금도 여전히 생각과 생활에 모토이기도 하다. 마지막으로 고단한 외국생활에도 씩씩하게 가정을 지켜준 사랑하는 아내, 잘 자라준 아들, 믿음과 사랑으로 후원해주셨던 부모님, 연수의 기회를 주신 김신윤 교수님과 교실의 교수님들, 실험실 생활에 많은 조언을 주셨던 선종근, 심재양, 신재혁, 남광우 교수님, 관심과 배려를 주셨던 Rubash, Li 선생님, 국적을 떠나 우정을 나누었던 Martin, Hemanth, Ali, Tsung-Yuan, Peng, Lincoln, Hiroshi, 또 하나의 가족이 되어주셨던 장판사 가족, 애정으로 지켜봐 주시고 방문해주셨던 선후배선생님들께 감사드립니다. 아, 얼마나 많은 분들의 배려로 연수를 무사히 마칠 수 있었던가. 정말 행복한 연수였습니다.



또다시 파이팅!
여보, 아들 고마워

악성 골반골 종양 환자의 재건 수술 과정에서의 소회[所懷]

국립암센터 특수암센터 골연부종양클리닉 강 현 귀

얼마 전 의료의 선진화에 어울릴 만한 닥터 쇼핑 환자 한명이 방문했다. 닥터 쇼핑의 이유가 타당했는데, 거슬리는 통증을 소유하고도 어떤 의사든 제거하기를 꺼릴 만한 위치에 있는 양성 종양을 가지고 있었던 것이다. 돌고 돌아 나를 찾기까지 스스로 진화했고 현명해져 있었다. 초진 시, 복사해온 차트와 소견서 말고 두 편의 논문을 내밀었다. 그와 비슷한 위치에 있는 종양을 제거하는 수술법을 소개하는 논문이었다. 그의 오래된 논문 두 편은 ‘선생님, 저의 종양이 참 제거하기 난해하다는 걸 압니다. 또, 희귀해서 이런 경험이 없으시다는 것쯤 이해하게 되었습니다. 견덕 보라는 말 대신 어디선가 이러한 수술을 했던 경우가 여기 있으니 보시고 용기 한 번 내주셔서 수술해 주셨으면 합니다’ 라고 말하고 있다는 것을 느낄 수 있었다. 나는, 나름대로 해석한 그의 이해를 기반으로 맘껏 숨씨를 부려볼 수 있는 기회를 가졌다.

시간을 더듬어 정형외과 종양 분야를 뒤돌아 보면 정형화되지 않은 정형외과 환자들이 많은 분야여서 인지 익숙함에 대한 순응을 거부하고 일명 도전의식을 푼게 하는 그런 매력을 가지고 있다. 대부분의 종양 환자들은 조금은 험한 수술을 감내 하기도 하지만 그 중 골반 종양 수술은 위험성을 차치하고서라도 수술 방법의 다양성이 손꼽힐 만큼 계속적으로 논의 되고 있고 발전 되고 있다. 종양 수술을 시작한 지 얼마 되지 않아 나의 융합적 상상력은 54세 여자 환자의 골반골 연골육종을 수술 하면서부터 시작되었다. MRI 상 ilium, pubis, ischium의 골 절제 부위를 예측하여 종양 절제를 하였으며 재건은 당시 유행하는 저온 열처리 자가골 이식술 (pasteurized autobone graft - 65도 중탕물에 30분간 종양 뼈를 담가 종양세포를 사멸 시킨 후 재사용)을 이용하였다. 내 생각에는 단지 뼈를 삶아 넣는 것 보다 종양을 굵어낸 속에 자가골을 이식하면 뼈의 재생이 더 잘 될 것 같아 fibula와 반대쪽 ilium에서 뼈를 채취하여 열처리한 뼈에 딱 채워 넣어 보았다. 또한 대퇴골두는 인공관절로 바꾸기 아까워 일단 그대로 보존 하여 결국 osteoarticular pasteurized pelvic bone graft with fresh autobone filling 재건 수술이 되었다. 환자는 12년째 잘 살고 있으나 골반골 일부분이 녹아 나고, 대퇴골두는 이형성을 보여 다리길이가 짧아지고 절룩거리는 보행을 하고 있다. (그림1)

Fresh autobone graft 가 녹아 나는 것을 경험하고 난 다음에는 아예 PMMA bone cement를 저온 열처리 뼈에 채워 넣어 보았다. 당시에 골전이암 최소 침습 수술법 연구에 열을 올리고 있을 때라 경피적으로 주입하는 PMMA cementoplasty 법이 매우 편했던 시기였다. 시멘트를 채우면서 metal bar를 몇 개 넣으면 더 튼튼할 것 같아 K-wires들을 넣어 골반 재건을 하니 녹아 나지 않고 형태가 유지 되었다. 하지만 대퇴골두는 인공관절로 하지 않으면 dysplastic femoral head로 변형 되어 졌다. (그림2)



그림1) 골반골 저온열처리와 자가골이식 합체 (2006년)

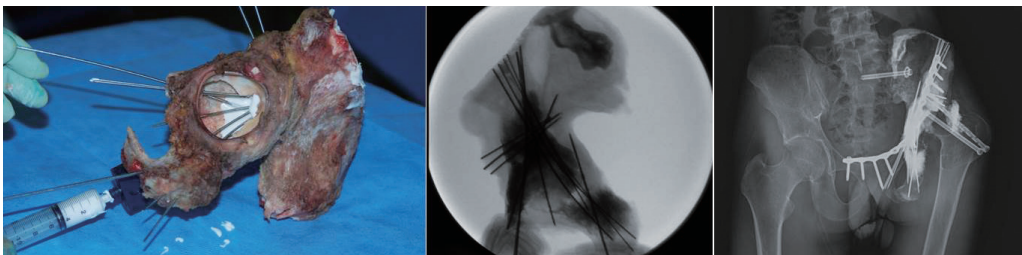


그림2) 골반골 저온열처리와 금속핀과 시멘트 보강 (2008년)

조금 지나 2008년경, 국내 bone bank 조직은행이 활성화 되면서 쉽게 우리민족의 동종골을 구할 수 있게 되었다. 아무래도 다른 사람의 골반뼈는 종양으로 파괴된 열처리한 뼈보다 더 단단할 것 같아 골반 동종골 이식 수술을 하게 되었다. 비슷한 크기의 골반 골을 찾으면 때로는 femoral head는 살리면서 osteoarticular pelvic allograft 수술을 시행 하였다. 이때 떼어낸 종양뼈 결손부위대로 동종골을 재단해야 하는데 그냥 수기로 톱질해야 했다. 잘못하여 더 뼈를 잘라내면 결손부위에 맞지 않게 되고, 고정용 금속판을 bending하는것도 힘들고, 많은 수술시간을 허비하게 되었다. 수술 후 금속나사못이 빠지고 동종골이 뒤틀리는 것을 보면 한숨이 나오곤 했다. (그림3)

골반골은 수입되는 prosthesis도 없고 수술자체도 어렵기 때문에 종양 절제 후 아예 재건을 안하고 재활치료만 잘 하면 보행하는데 어느 정도 괜찮다라는 논문이 나오던 때였다. 다리길이가 10cm 이상 짧아지면서 영구 장애를 보이는 이런 수술이 나에겐 아직 받아 들여지지 않았지만 개인적으로도 수술 지구력이 약해지고 도전정신도 희미 해져 단지 골반 종양 환자가 오지 않길 은근 기대하곤 하였다. 그러던 차에 다른 부위에서 경험해 본 3D 프린팅 티타늄 임플란트를 적용해 보았다.

약 20년전부터 좌측 유방암으로 청춘을 보냈는데, 좌측 대퇴골 근위부에 악성골 종양으로 수술 받은 후 치료도중 또다시 우측 유방암이 발견되어 중년을 힘들게 보내고 있던 환자가 내원 하였다. 좌측 골반 및 대퇴골 근위 1/3 은 종양으로 퍼져 있어 통증이 심하였다. 여러 병원에서 다리 절단을 권유 받은 환자는 양측 유방이 없어진 상실 감 때문인지 죽어도 다리는 못 자르겠다고 고집 하였다. 골반골 종양 절제만으로 지치는 수술에서 3D 프린팅 임플란트를 단지 삽입 후 나사 고정만으로 골반 재건을 할 수 있다는 것은 사막에 오아시스와 같은 반가움이 되었다. 준비 과정 중에 얻게 된 3D 프린팅 골반골 임플란트 디자인은 재미 있고 다양한 상상력을 필요로 한다. 수차례 수술 시뮬레이션 연상 속에서 문제점을 수정해 가는 과정이 따른다. 다른 때보다 수술 전 준비가 더 철저할 수 밖에 없다. 그럼에도 불구하고 막상 수술 필드에서는 시행착오가 있는 경우도 있어 다음 디자인에서는 좀더 업그레이드된 모델을 구상하게 되는데 3D 프린팅 골반골 모델을 디자인 하면서 주위 정상뼈와의 안정적 고정과 기존 사용되는 비구컵 인공관절을 서로 융합 시키는 부분이 중요함을 깨달았다. 아직도 골반골 재건 수술은 힘든 일이지만 첨단 기술들의 의료 활용을 통하여 좀 더 빠르고 정확하게 그래서 간단해지는 길로 다가가고자 한다. (그림4)

어디선가 수술을 거부 받았던 환자가 불쑥 내민 논문은 나에게도 환자에게도 용기가 되었음에 틀림없다. 카오스 학회 여러분들의 정진과 각 분야에서의 고군분투에 감사와 격려를 보내고 싶다.



그림3) 동종골과 시멘트 보강 (2012년)

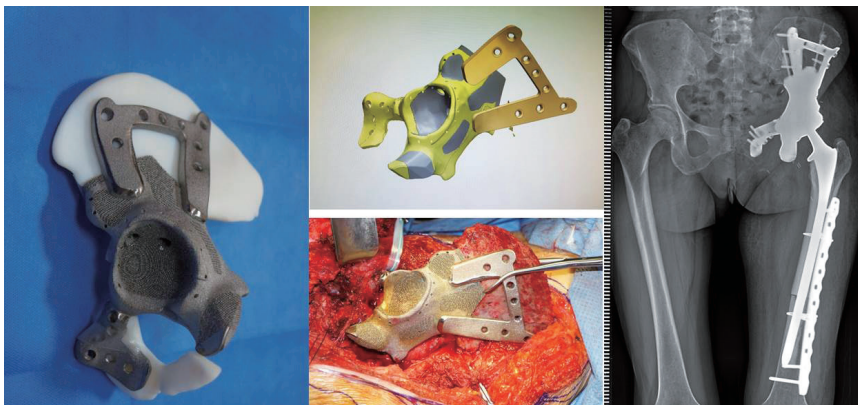


그림4) 골반골 3D 프린팅과 allograft-prosthesis 대퇴골의 융합 (2016년)

척추 수술에서 3D 프린팅 implant의 짧은 임상 경험과 최근의 사용분야

경희대학교 정형외과 강경중

4차산업혁명이 화두다. 주된 기술은 빅데이터, 인공지능, 사물인터넷, 자율주행 등이 근간이 되는 기술이다. 이러한 기술적 진보에 의료기술의 접목도 급속도로 이루어지고 있다. 로봇수술, 가상/증강 현실, 3D 프린팅은 실제 의료의 여러 분야에 적극적으로 사용되고 있다.

3D 프린터는 이미 30여년전부터 사용된 기술이다. 미국의 발명가 Charles W. Hull은 1984년 3D 시스템즈사를 설립하고, 1986년에 액체 플라스틱을 연속적으로 층층이 쌓는 방법으로 딱딱한 3차원의 입체적인 물체를 인쇄하는 자동화 기술로 특허를 받았다. 이렇게 발전한 3D 프린팅 기술은 현재 거의 모든 분야에서 적극적으로 활용되고 있으며, 수술 가이드나 수술기로부터 바이오프린팅 분야까지 의료분야에 큰 파급효과를 일으키고 있다. 한 보고에 따르면 3D 프린팅 의료기기 시장이 2017년 8억4000만달러에서 5년뒤인 2022년에는 18억8000만 달러에 이를것으로 예측했다. 연평균 성장률이 17.5%에 달할 정도로 의료분야에서 3D 프린팅의 발전가능성은 무궁무진하다고 해도 과언이 아닌 것이다.

짧은 경험이었지만, 본 저자는 2015년부터 3D 프린팅 기법을 이용하여 만들어진 척추 implant를 이용하여 요추부 후방척추체간 유합술을 시행한 경험이 있다. 연구는 삼성서울병원과 경희의료원 두 곳에서 전향적으로 이루어졌다. 아래 사진은 연구후 publish 된 논문에 실려 있는 그림으로 Mesh-type의 porous interbody spacer를 3D printing 기법으로 만들었다.

Spacer의 표면을 거칠게 만들어 뼈와의 마찰력을 높였으며, 첫

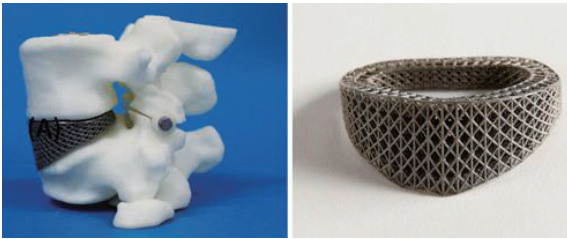
번째 그림에서 보듯이 porosity는 87.4%, pore size는 535 μ m로 실제 bone의 형태에 최대한 유사하게 만들면서, 두 척추체 사이에서 무너지거나 척추체에 파고 들지 않고 유지되도록 만들어졌다. 결과에서, 현재 후방척추체간 유합술의 유합률은 상당히 높은 편이기 때문에 이러한 3D 프린팅을 이용하여 만들어진 spacer의 장점을 밝히는데 어려움이 있었다. 하지만, 일반적으로 척추체간 유합술의 경우 아래쪽(특히, 요추5-천추1번)의 불유합율이 다른 분절에 비해 높게 나타나는 경우가 있었는데, 본 연구에서는 가장 정확한 CT를 이용한 평가방법에도 요추5-천추1번을 포함하여 불유합을 보이는 분절은 보이지 않았다. 좀 더 많은 수의 환자와 세분절 이상의 다분절 수술 등의 연구가 필요하긴 하지만, 본 연구에서는 3D 프린팅 spacer를 이용하여 수술직후 안정성이나 유합율 측면에서 만족스러운 결과를 얻을 수 있었다. 물론 보완이 필요한 부분이 있겠지만, 향후 더 발전된 형태의 implant 자체 만으로도 기존의 불유합이나 implant 연관 합병증을 훨씬 더 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

이처럼 3D 프린팅의 의학기술의 사용범위는 제한이 없을 것으로 생각되며, 특히 척추분야는 복잡한 해부학적 구조와 주변 구조의 세밀성 때문에 높은 정밀도가 요청되는 경우가 많기 때문에 이러한 기술에 대한 요구는 앞으로 더욱 늘어날 것으로 보인다. 의료 분야에서 이 기술을 사용하는 것이 아직 보편화 단계에 있지는 않지만, 3D 프린팅은 다양한 재료로 빠르게 맞춤형 형태를 만들어 내는 능력으로 의료 분야를 혁명화시킬 가능성이 있다. 척추 수술에서 3D 프린팅의 사용에 대한 가장 최근의 systemic review² 내용을 참조하여 현재까지 가장 활발히 사용되는 분야에서 3D 프린팅의 장단점을 살펴 보았다.

- * Pore size; 535 μ m
- * Porosity; 87.4%
- * Pore structure



Chung et al, Orthopedics, 2017¹



Plastic model of hemivertebra with planned 3D-printed prosthesis.
Mobbs et al, J Neurosurg Spine, 2017³

1) Surgical planning

현재까지 가장 많이 사용되는 Surgical planning 분야다. 3D 프린팅은 척추 수술의 수술전 계획 단계에서 가장 많이 사용된다. 해부학에 대한 완전하고 입체적인 이해는 절차에 대한 자세한 계획과 시뮬레이션을 가능하게 하며, 수술 시간이 짧아지고, 수술중 혈액 손실을 줄일 수 있다. 또한 수술중 방사선량을 줄이고, 수술팀내에 소통을 높일 수 있으며, 무엇보다도 기기 삽입 등의 실수를 줄일 수 있다. 또한, MRI나 CT보다도 훨씬 더 환자의 교육과 이해도를 높이는데 도움을 줄 수 있다. 아직, 모델을 만드는데 들어가는 시간이 길며, 높은 비용문제와 소프트웨어를 익히는데 들어가는 학습 곡선은 해결해야 할 숙제로 남아 있다.

2) Surgical guides

다음으로 척추수술에서 사용되는 부분은 Surgical guides 분야다. 많은 연구 결과에 따르면 guide는 수술 시간을 줄이는 데 도움이 되며, 수술 시간과 관련된 합병증(예:감염)을 줄일 수 있다고 한다. 또한, 다른 기법에 비해 수술 중 방사선 감소, 사용 단순성, 절차적 주관성 제거, 강화된 수술 전 계획, 적당한 비용 등의 장점이 있으며, 특히 더 복잡한 해부학에서 유용할 수 있다. 또한 최소 수술로 인한 형태론적 변화로 인해 나사 삽입이 더욱 어려운 revision surgery에서 추가적인 이점을 제공할 수 있다고 알려져 있다. Clean bone preparation과 생산, 멸균, 수술 절차 동안에 모형의 변형은 단점으로 볼 수 있다.

3) Customised implants or “Off-the Shelf” implants

3D 프린팅의 가장 큰 장점중에 하나는 바로 Customised implants를 만들 수 있다는 점이다. 각각의 환자에게 맞춤형으로 정확하게 만들어진 implant를 이용하여 예전에는 불가능했던 재건술이나 고정 수술을 시행할 수 있다. 이러한 수술은 주로 종양 절제수술이나 선천성 기형 등에 사용될 수 있다. “Off-the Shelf” implants는 각각의 환자에customization없이 3D 프린팅의 기능을 충분히 활용하는 임플란트 생산 방식으로 너비, 높이, 길이 및 각도와 같은 parameter를 포함하여 다양한 크기의 implant를 제공하는 것을 목적으로 만들어지게 된다.

향후 3D 프린팅 기술이 저렴해지고, 빠르고, 정확해짐에 따라, 척추 수술 환경에서의 사용이 일상적인 것이 될 가능성이 높다. 실시간 모델이나, 더욱 개인적인 맞춤형 implant의 발전, biocompatibility, osseointegration, biodegradability 등을 만족시키는 발전된 3D 프린팅의 사용이 코 앞에 와 있다. 또한, 가장 큰 진전을 보여줄 것으로 예상되는 바이오 프린팅의 실용화는 세포, 성장인자 및 생체재료를 이용하여 living tissue를 만들어 직접적인 손상부위의 회복과 복잡한 장기를 만들어 낼 수 있을 것으로 생각된다. 그러나, 현재까지의 대부분의 연구자료는 비교적 낮은 level의 연구에서 나온 것이 많은 상태로 더욱 큰 규모의 연구와 장기간의 추적 연구를 통해 3D 프린팅이 척추 수술에 미치는 영향에 대한 우리의 지식을 넓히도록 해야 할 것이다.

References

1. Chung SS, Lee KJ, Kwon YB, Kang KC. Characteristics and Efficacy of a New 3-Dimensional Printed Mesh Structure Titanium Alloy Spacer for Posterior Lumbar Interbody Fusion. Orthopedics 2017;40:e880-e5.
2. Wilcox B, Mobbs RJ, Wu AM, Phan K. Systematic review of 3D printing in spinal surgery: the current state of play. J Spine Surg 2017;3:433-43.
3. Mobbs RJ, Coughlan M, Thompson R, Sutterlin CE, 3rd, Phan K. The utility of 3D printing for surgical planning and patient-specific implant design for complex spinal pathologies: case report. J Neurosurg Spine 2017;26:513-8.

Computer Assisted Navigation in Total Knee Arthroplasty

중앙대학교 의과대학 중앙대학교병원 정형외과 박용범, 이한준

슬관절 전치환술 시부적절한 치환물의 위치 및 하지의 부정 정렬은 통증을 유발하고 기능을 감소시키며, 치환물의 해리 및 불안정성을 초래하여 재치환술의 빈도를 증가시킨다. 따라서 슬관절 전치환술 후 적절한 역학적 축의 회복, 정확한 치환물의 위치 및 정렬은 매우 중요하다.¹⁾ 적절한 역학적 축의 범위는 전통적으로 내반 3도에서 외반 3도까지의 범위로 정의하였고, 임상적으로 만족스러운 결과를 보고하였다.^{2,3)} 하지만 고식적인 방법을 이용한 슬관절 전치환술에서 내반 3도에서 외반 3도 이상의 불량(outlier)을 가지는 빈도가 20~30%로 매우 높다는 보고들도 있다.^{4,5)}

네비게이션 장치는 슬관절 전치환술 시 하지의 부정 정렬 및 부정확한 치환물의 삽입을 최소한으로 줄이기 위하여 사용되어 왔으며, 오차 범위를 1도 미만으로 유지할 수 있어 수술의 정확도를 향상시킬 수 있다고 보고되었다.⁶⁾ 그 뿐만 아니라, 네비게이션 장치의 사용은 재현성을 높일 수 있으며, 골수강 내 지침자의 미사용으로 인하여 출혈량 및 색전증의 빈도를 줄일 수 있다는 보고도 있다.^{7,8)} 그동안 슬관절 전치환술 시 네비게이션을 이용한 많은 연구들이 진행되어 왔으며, 임상적 결과의 호전에 대해서는 도움이 된다는 의견과 도움이 되지 않는다는 의견이 혼재되어 있는 상태이지만^{9,10)}, 최근의 연구들에서 슬관절 전치환술 시 네비게이션을 이용할 경우, 역학적 축 및 관상면상 대퇴골 치환물 및 경골 치환물의 경사도에서 불량률의 수가 유의하게 적다고 보고하였다.^{3,11,12)}

네비게이션 장치는 카메라와 추적 장치로 구성되어 있으며, 슬관절 전치환술 시 네비게이션을 매개로 하여 집도의는 환자 정보(하지 관절 중심 및 대퇴골과 경골의 해부학적 표지들)를 입력하여 이를 바탕으로 출력된 정보를 수술에 적용하게 되며, 일반적으로 데이터 (또는 이미지) 획득 및 수술 전 계획을 시행하고, 해부학 및 운동학적 방법을 통한 환자 정보 등록하고 난 후, 적외선 또는 전자기기를 통한 실시간 추적을 통하여 수술 시 필요한 값을 측정 및 확인하고 수술에 반영하게 된다.

네비게이션을 이용한 슬관절 전치환술 시 다음과 같은 사항에

주의해야 한다. 추적기들 고정 시 주의가 필요하다. 추적기의 불안정성 또는 위치 변화는 정교함을 감소시키고 심지어는 네비게이션 장치의 작동 오류를 야기할 수도 있다. 따라서 추적기들의 견고한 고정을 위하여 핀을 삽입시에 대퇴골과 경골의 중간 부위를 통과하게 삽입하여야 하며 한쪽으로 치우치게 삽입하여 경피질(transcortical)의 형태의 삽입시에 스트레스 골절이 발생할 수 있다(Figure 1).¹³⁾

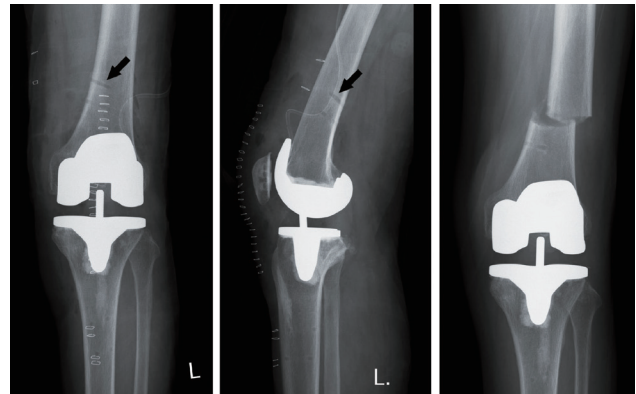
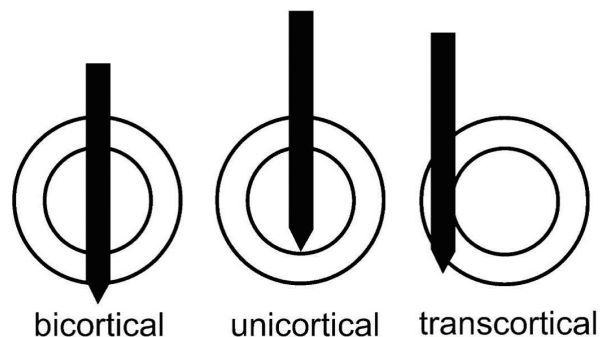


Figure 1. Jung et al Fractures Associated with Computer-Navigated Total Knee Arthroplasty, JBJs Am 2007
네비게이션 수술 후 치환물 주위 골절 발생 증례



추적기 고정시 세 가지 고정 가능 모델

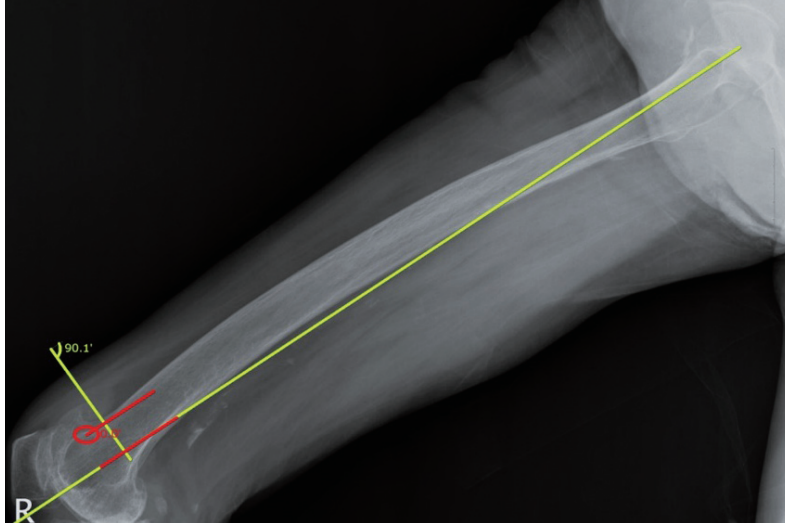


Figure 2. 네비게이션을 이용한 전후방 절제시 절흔 발생 (붉은 선)

원위대퇴골 절제시에도 주의가 필요하다. 네비게이션 장치는 관상면 상에서 고관절의 중심과 슬관절의 중심부를 연결하는 역학적 축을 기준으로 원위 대퇴골의 전후방 절제의 기준을 설정하게 된다. 따라서 대퇴골의 굴곡 변형이 있는 환자에서는 대퇴골 전방에 절흔(notching)이 발생하지 않도록 주의를 기울여야 하며, 굴곡이 심한 경우에는 원위대퇴골 절제시 약간의 굴곡 절제를 시행하는 것도 고려하여야 한다 (Figure 2).

최근의 체계적 고찰 및 메타분석에 대한 논문들은 네비게이션 장치를 이용한 슬관절 전치환술에서 하지 또는 치환물의 부정 정렬의 빈도가 유의하게 낮다고 보고하였다. Hetaimish 등¹⁴⁾은 2541명을 환자들을 대상으로 분석한 메타분석을 통하여 네비게이션 사용이 3도 초과의 하지의 부정 정렬 및 치환물이 관상면 상에서 부정확하게 삽입될 확률을 유의하게 낮출 수 있다고 보고하였다. Cheng 등¹⁵⁾은 4286명의 환자들을 대상으로 한 메타 분석에서 네비게이션 장치를 이용할 경우 역학적 축 및 관상면상 대퇴 치환물 및 경골 치환물 경사도에서 불량률의 수가 유의하게 적다고 보고하였다. Moskal 등¹⁶⁾은 7151명의 환자들을 대상으로 한 메타분석을 통하여 네비게이션 장치를 사용할 경우 치환물의 정렬을 좋게 하고, 출혈량 및 임상 결과에서 효과적이라고 보고하였다. Rebal 등¹⁰⁾은 1713명의 환자들을 대상으로 한 메타분석을 통하여 네비게이션 장치를 사용할 경우 3도 이내의 하지 정렬을 가질 가능성이 유의하게 높고, 단기 추시 관찰에서 임상적 결과도 유의하게 좋다고 보고하였다.

네비게이션 장치를 이용한 슬관절 전치환술의 임상적 효용성에 대하여서 논란은 있으나, 관상면상 하지 정렬에서 역학적 축 내, 외 반 3도 이상의 불량률의 빈도를 줄이고 치환물의 정렬의 정확도를 높일 수 있는 장점이 있다. 하지만 등록 오류 혹은 기계적 결함이나 소프트웨어 기능불량 등의 기술적인 함정이 발생할 수 있으므로 컴퓨터 주도 하에 이뤄지는 수술이 아님을 명심하고 집도의는 수술 술기 및 환자 상태를 충분히 파악한 상태에서 네비게이션의 보조를 받으며 수술을 진행해야 한다.

참고문헌

1. Barrack RL, Schrader T, Bertot AJ, Wolfe MW, Myers L. Component rotation and anterior knee pain after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2001(392):46-55.
2. Bonutti PM, Dethmers D, Ulrich SD, Seyler TM, Mont MA. Computer navigation-assisted versus minimally invasive TKA: benefits and drawbacks. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(11):2756-62.
3. Ensini A, Catani F, Leardini A, Romagnoli M, Giannini S. Alignments and clinical results in conventional and navigated total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2007;457:156-62.
4. Mahaluxmivala J, Bankes MJ, Nicolai P, Aldam CH, Allen PW. The effect of surgeon experience on component positioning in 673 Press Fit Condylar posterior cruciate-sacrificing total knee arthroplasties. *J Arthroplasty.* 2001;16(5):635-40.
5. Mihalko WM, Boyle J, Clark LD, Krackow KA. The variability of intramedullary alignment of the femoral component during total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2005;20(1):25-8.
6. Stulberg SD, Yaffe MA, Koo SS. Computer-assisted surgery versus manual total knee arthroplasty: a case-controlled study. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88 Suppl 4:47-54.
7. Browne JA, Cook C, Hofmann AA, Bolognesi MP. Postoperative morbidity and mortality following total knee arthroplasty with computer navigation. *Knee.* 2010;17(2):152-6.
8. Hinarejos P, Corrales M, Matamalas A, Bisbe E, Caceres E. Computer-assisted surgery can reduce blood loss after total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17(4):356-60.
9. Burnett RS, Barrack RL. Computer-assisted total knee arthroplasty is currently of no proven clinical benefit: a systematic review. *Clin Orthop Relat Res.* 2013;471(1):264-76.
10. Rebal BA, Babatunde OM, Lee JH, Geller JA, Patrick DA, Jr., Macaulay W. Imageless computer navigation in total knee arthroplasty provides superior short term functional outcomes: a meta-analysis. *J Arthroplasty.* 2014;29(5):938-44.
11. Weng YJ, Hsu RW, Hsu WH. Comparison of computer-assisted navigation and conventional instrumentation for bilateral total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2009;24(5):668-73.
12. Choi WC, Lee S, An JH, Kim D, Seong SC, Lee MC. Plain radiograph fails to reflect the alignment and advantages of navigation in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2011;26(5):756-64.
13. Jung HJ, Jung YB, Song KS, Park SJ, Lee JS. Fractures associated with computer-navigated total knee arthroplasty. A report of two cases. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(10):2280-4.
14. Hetaimish BM, Khan MM, Simunovic N, Al-Harbi HH, Bhandari M, Zalzal PK. Meta-analysis of navigation vs conventional total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2012;27(6):1177-82.
15. Cheng T, Zhao S, Peng X, Zhang X. Does computer-assisted surgery improve postoperative leg alignment and implant positioning following total knee arthroplasty? A meta-analysis of randomized controlled trials? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20(7):1307-22.
16. Moskal JT, Capps SG, Mann JW, Scanelli JA. Navigated versus conventional total knee arthroplasty. *J Knee Surg.* 2014;27(3):235-48.

