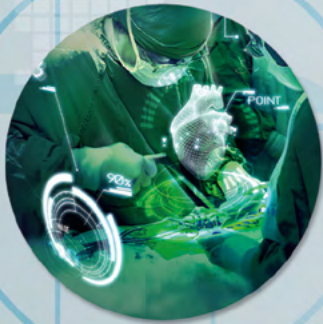




# 대한정형외과 컴퓨터수술학회 소식지

## Newsletter of the CAOS-KOREA



September 2015 No.1

2016 대한정형외과 컴퓨터수술학회 임원 명단

인사말

대한정형외과 컴퓨터수술학회 회장 서정탁

2015년 CAOS-KOREA추계 학술대회 현장 보고

CAOS-INTERNATIONAL 2015(밴쿠버, 캐나다) 참관기

전남대병원 설영준

근골격계 영상관련 신기술 동향: EOS, 4DDI

아주대병원 지형민

헬스케어빅데이터로 무엇을 할 수 있는가?

서울의대 최형진

디지털헬스케어의 미래, 의사, 인공지능의 습격에 대비할 때

성균관대학교 교수, 디지털 헬스케어 연구소 소장 최윤섭



**CAOS**  
KOREA



# 2016 대한정형외과 컴퓨터수술학회 임원 명단

회 장	박윤수(성균관의대 삼성서울병원)		
차 기 회 장	정화재(성균관의대 강북삼성병원)		
총 무	문영원(성균관의대 삼성서울병원)		
감 사	이주홍(전북대학교병원)		
이 사	김신윤(경북대학교병원)	김윤희(경희대학교 공대)	김정만(아산총무병원)
	김태균(분당서울대학교병원)	김한수(서울대학교병원)	노성만(전남대학교 화순노인전문병원)
	박예수(한양대학교 구리병원)	배대경(경희대학교병원)	서승석(부산부민병원)
	서정탁(부산대학교병원)	송은규(빛고을 전남대학교병원)	염진섭(분당서울대학교병원)
	오광준(건국대학교병원)	원예연(아주대학교병원)	유기형(강동경희대학교병원)
	이주홍(전북대학교병원)	이명철(서울대학교병원)	이춘택(이춘택병원)
	인주철(대구우리병원)	임홍철(바른세상병원)	장준동(한림대학교 동탄성심병원)
	정영복(남양주현대병원)	한승범(고려대학교 안암병원)	
학술위원회	위원장 : 원예연(아주대학교병원)	간사 : 임승재(성균관의대 삼성서울병원)	
	구승범(중앙대학교 공대)	김경태(서울성심병원)	김윤희(경희대학교 공대)
	김인성(한림대학교 동탄성심병원)	김태영(한림대학교 평촌성심병원)	문영래(조선대학교병원)
	박예수(한양대학교 구리병원)	신충수(서강대학교 공대)	왕준호(성균관의대 삼성서울병원)
	엄대섭(열린큰병원)	이성재(인제대학교 공대)	이한준(중앙대학교병원)
	장종범(서울대학교 보라매병원)	정상현(경북대학교 공대)	지형민(아주대학교병원)
보험위원회	위원장 : 오광준(건국대학교병원)		
	선종근(화순전남대학교병원)	윤성환(이춘택병원)	
	윤정로(서울보훈병원)	정호중(중앙대학교병원)	
편집위원회	위원장 : 유기형(강동경희대학교병원)		
	배지훈(고려대학교 구로병원)	송상준(경희대학교병원)	신재혁(한림대학교 동탄성심병원)
	이승준(부산대학교병원)	조환성(분당서울대학교병원)	
전임회장 및 자문위원	노성만(전남대학교 화순노인전문병원)	인주철(대구우리병원)	
	김정만(아산총무병원)	정영복(남양주현대병원)	배대경(경희대학교병원)
	송은규(화순전남대학교병원)	임홍철(바른세상병원)	이춘택(이춘택병원)
	장준동(한림대학교 동탄성심병원)	서정탁(부산대학교병원)	

## 인사말 GREETINGS



대한정형외과 컴퓨터수술학회회장  
서정탁

존경하는 대한정형외과 컴퓨터수술학회 회원 여러분!

최근 경제전문지 포브스(Forbes)는 가상/증강현실(Virtual Reality/Augmented Reality) 기술 산업에 대해 다루면서 이런 기술이 가까운 미래에 다양한 분야에 접목되어 사용될 수 있다고 언급하였습니다. 실제로 스마트폰과 연동된 가상 현실 디바이스가 상용화되어 최근 출시되고 있습니다. 앞으로 가상/증강현실 기술은 IT산업은 물론이고 의료 분야에 접목되어 발전할 것으로 예견되고 있습니다.

CAOS(Computer-Assisted Orthopedic Surgery) KOREA는 비단 정형외과 의사들만의 모임이 아닌 정형외과 수술과 관련된 전문가들의 모임으로서 각 분야의 전문가분들이 의견을 듣고 배우는 모임입니다. 컴퓨터와 관련된 산업의 발전과 더불어 의료계에서 의학과 기술의 접목을 꾀하는 첨단을 걷는 모임으로 자리를 잡고 있습니다. 금번 추계 학술대회에서는 기존 CAOS-KOREA의 모임에서 활발하게 논의되었던 주제인 내비게이션과 로봇수술뿐만 아니라 공학과 관련된 흥미로운 주제들, biomedical imaging & bioengineering에 대한 심포지엄, 3D 또는 4D imaging technology에 관한 내용, 실제 컴퓨터를 이용한 정형외과 수술을 담은 비디오 세션, 그리고 올해 CAOS-international 및 CAOS-JAPAN에서 발표되었던 논문 등 다양한 주제를 가지고 진행되었습니다. 또한 내비게이션 수술과 로봇수술에 대해서는 해외 연자를 모시어서 다른 나라 정형외과 의사의 경험과 관점에 대해 이야기를 나누었습니다. 이전 모임들처럼 이번 CAOS 모임도 활발한 토의 및 토론의 장이 되었습니다.

가을의 아름다움이 한층 더해지는 이때 CAOS-KOREA 소식지 발행을 통하여 다양한 분야 전문가들의 고견을 배우며 접해볼 수 있는 기회가 되길 기원합니다. 회원 여러분의 가정과 학교 및 병원에 무궁한 발전이 있으시길 기원하며 더불어 회원 여러분의 건강을 기원합니다.

감사합니다.





# 2015년 CAOS-KOREA 추계 학술대회 현장보고

금번 추계학술대회는 2015년 9월 18일 삼성서울병원 대강당에서 총 25개의 자유연제, 10개의 심포지엄이 발표되었고 3명의 초청 해외 연자가 특별 강연을 하였다. 2개의 해외학회참관 및 하이라이트에 대한 발표가 있어 총 40개의 연제가 발표되었고 활발한 토론이 뒤를 이었다.







# CAOS-INTERNATIONAL 2015 (밴쿠버, 캐나다) 참관기

CAOS international 2015년 annual meeting은 5년 전 밴쿠버동계올림픽에서 김연아가 세계신기록을 세우며 피겨스케이팅으로 우승했던 곳으로 우리에게 친숙한 곳에서 이번 CAOS international 2015가 6월 17일부터 20일까지 개최되었다.

전남대병원 **설영준**



밴쿠버는 캐나다의 브리티시컬럼비아주 남서부에 있는 도시이며 몬트리올, 토론토 다음으로 큰 도시로 캐나다에서 가장 바쁜 항구로 매년 100만 톤의 화물을 다루고 또한 많은 금융기관이 위치하고 있으며 많은 스키장이 관광객을 끌어들이는 아름다운 관광도시이다.

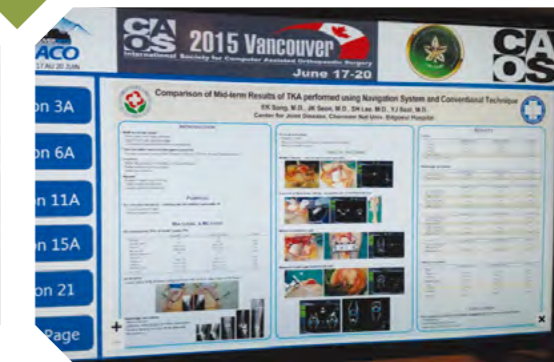
학회에서는 우리 전남대학교병원에서 송은규 교수님과 선종근 교수님께서 좌장 및 발표, 또한 E-poster 전시가 있어서 두 교수님과 함께 학회에 참석하게 되었다. 10시간 넘게 비행 후 도착한 밴쿠버, 기대만큼 아름답고 멋진 도시였다. 아직 시차 적응이 안 되어 피곤했지만 짐만 풀고 바로 선종근 교수님과 함께 도심 근처에 유명한 캐필라노스스펜션브리지를 관광하기 위해 출발했다. 도심 가까이에 그런 울창한 우림과 멋진 관광코스가 있어서 놀랐다. 밴쿠버 최대 중심지인 캐나다 플레이스에 위치한 일식집에서 식사한 후 다음날 학회에 대한 약간의 긴장과 기대와 함께 첫날 일정을 마무리했다.

다음 날 아침 7시에 학회장인 페어몬트 호텔로 출발하였다. 100년이 넘는 역사를 가진 페어몬트 호텔은 하늘색 첨탑이 인상적이었다. 학회는 2층과 3층 컨벤션 홀에서 열렸는데 마침 캐나다 정형외과 학회인 CAO 2015가 같이 개최되고 있었다. 마치 대한정형외과 추계 학회와 같은 연례행사로 시간이 허락한다면 CAO 2015도 살짝 엿볼 수 있어 운이 좋다는 생각이 들었다.



우리나라에서는 이번 학회에 삼성서울병원 임승재 교수님과 전남대병원 송은규, 선종근 교수님께서 구연 발표, 포스터 전시가 있어서 참석할 예정이었는데 삼성서울병원 임승재 교수님과 일행분들은 올해 여름 우리나라를 휩쓴 메르스 사태의 영향으로 이번 학회에 참석하지 못하게 되었다. 임승재 교수님과 그 일행분들을 학회 때 만나 뵈면 직접 가르침도

받을 수 있고 여러 정보도 공유할 좋은 기회였는데 그 기회를 놓쳐버려서 너무나 아쉬웠다. 결국 대한민국에서 참석한 병원이 전남대학교 병원밖에 없으니 우리나라를 대표한다는 책임감이 무겁게 느껴졌다.







커피 브레이크나 식사 시간 때 송은규 교수님, 선종근 교수님은 친분이 있는 여러 외국 교수님들과 인사도 나누고 여러 가지 그간의 연구나 근황에 대해 말씀 나누시는 모습을 보며 다시 한 번 존경심과 함께 우리 병원, 더 나아가 대한정형외과 컴퓨터수술학회의 높은 의료 수준에 대해 새삼 자랑스러웠다.

첫날 학회 끝난 후 좌장 및 발표자들과 함께 유람선을 타고 약 2시간 동안 밴쿠버 구석구석을 관광하며 유람선 안에 준비된 뷔페로 식사를 하는 코스가 마련되어 있었다. 날씨가 약간 흐려 아쉬웠지만 밴쿠버의 멋진 야경과 함께 마시는 맥주는 너무나도 시원했다.



그리고 둘째 날 학회가 끝나고 gala dinner는 Vancouver Aquarium에서 관광하면서 뷔페로 식사하는 코스였는데 송은규 교수님과 아쿠아리움으로 가는 도중에 지난 밴쿠버스탠리파크의 산책로와 항구가 정말 아름다웠다.

마지막 날 오전에는 송은규 교수님께서 좌장을 맡으신 세션이 있어서 참석했다가 CAO 2015에도 잠깐 들러 참관한 후 오후 2시 비행기로 귀국하였다. 3박 5일의 짧은 일정이었지만 이번 학회 참석으로 여러 나라에서 현재 진행되고 있는 컴퓨터를 이용한 정형외과적 치료에 대한 전반적인 내용과 현주소를 확인할 수 있었다.

컴퓨터를 이용한 정형외과 수술의 가장 큰 문제점으로 지적되었던 장비 이용의 어려움 및 수술 시간 연장 부분은 장비의 빠른 발달 및 간소화로 많은 부분에서 개선되고 있음을 알 수 있었고 많은 연구에서 입증되고 있었다. 또한 장비 기술의 발전으로 이전에는 이용하기 어려웠던 분야, 예로 fracture site의 reduction까지 컴퓨터를 이용한 수술이 가능하게 되었다. 그리고 컴퓨터를 이용한 수술의 장기간 추시 결과 여러 부분에서 더 나은 결과를 보고하는 여러 연구도 확인할 수 있었으며 평소 보지 못했던 다양한 기구와 장치들을 직접 눈으로 확인할 수 있는 좋은 계기가 되었던 것 같다. 또한 우리나라 정형외과의 세계적 수준과 위상에 대해 다시 한 번 자부심을 느낄 수 있었고 개인적으로는 짧게나마 구경했던 밴쿠버 도시의 멋진 풍경과 분위기가 아름다운 추억으로 남는 학회 일정이었다.





# 근골격계 영상관련 신기술 동향: EOS, 4DDI

아주대병원 지형민

## EOS

EOS에 대해서는 2014년 소식지에서 소개하였고 학회에서도 전시 및 발표된 적이 있어 많은 회원께서 알고 계시는 장비이다. 기존의 단순 영상의학 검사에서는 전하지 검사 혹은 전 척추 검사를 수행하기 위해서 영상을 디지털 혹은 수동으로 이어 붙여야 했다면 EOS는 머리에서 발끝까지 전신의 전후 및 측면 영상을 동시에 스캔하여 30초 이내의 짧은 검사 시간에 마칠 수 있다는 장점이 있다.

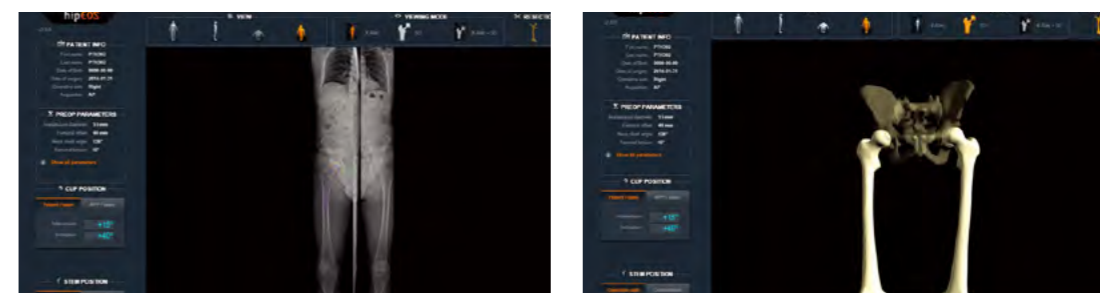
Georges Charpak은 1992년도 Multi-Wire Proportional Chamber의 개발과 발명으로 노벨상을 수상하였다. 이를 응용한 Gaseous X-ray detector는 전리 방사선(ionizing radiation)을 매우 효율적으로 감지할 수 있어 작은 양의 방사선으로 빠른 속도로 방사선 영상을 얻을 수 있다. 2005년 Doubousset은 이를 이용하여 서 있는 상태에서 전후 및 측면 영상을 얻고 삼차원 영상으로 재구성할 경우 하중이 가해진 상태에서 척추 및 하지 모델을 구현할 수 있다고 발표하였고, 이를 제품화하여 EOS system으로 출시하였다. 초기의 EOS system은 척추에 대해서만 모델을 구현할 수 있었으나 최근 고관절전치환술에 대해서도 수술 전 분석을 할 수 있는 솔루션이 발표되었다.

다음은 회사에서 제시하고 있는 EOS Hip의 솔루션들이다.

1. Personalized THA planning: Implant selection and 3D positioning based on unique patient 3D data
2. High accuracy: Bias free EOS 3D weight bearing measurement
3. Minimal radiation exposure: Based on EOS unique technology
4. Universal solution: Integrates 3D hip implant templates from multiple vendors
5. Fast and User friendly: Web based interactive & real time 3D planning software



본 시스템은 간략하게 말하자면 낮은 선량의 방사선 투과로 3D 모델을 생성함으로써 CT 촬영 없이 정확한 수술 전 계획을 수립할 수 있게 해줄 수 있다. 시스템 인터페이스는 아래와 같은데 먼저 촬영한 환자를 선택하면 전후면 및 측면 영상이 동시에 등록된 상태로 표시된다



3D 모드를 선택하면 단순방사선 영상을 토대로 3D 모델이 바로 생성된다.

프로그램은 대퇴골, knee의 dimension에 대해 자동으로 계측 값을 보고하고 anteversion과 torsion에 대한 정보 또한 제공한다. 이후 이를 토대로 1차적인 임플란트 포지션을 자동으로 정하여 보고한다.

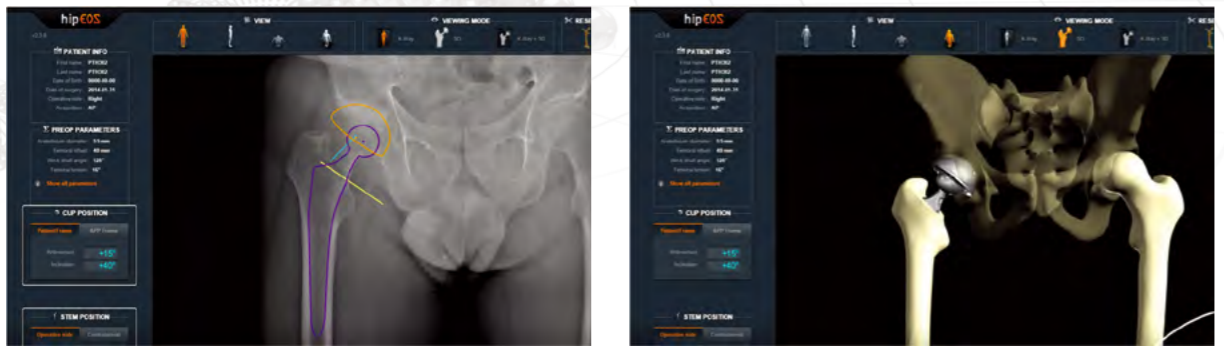




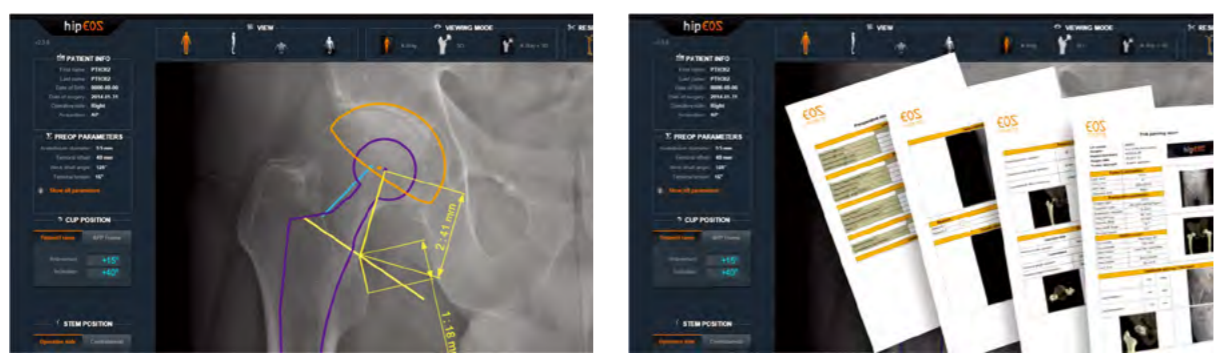
### 4DDI



역시 2015년 춘계 및 2015년 추계 학술대회에서 소개되어 비교적 익숙할 것이나 부연을 하자면 기본적으로는 biplanar fluoroscopy로 볼 수 있다. Dr. George Papaioannou는 Knee biomechanics 영역에서 biplanar fluoroscopy를 통해 true knee cartilage deformation을 연구하는 과정에서 high resolution의 high speed camera가 있어야만 제대로 된 cartilage deformation을 관찰할 수 있다는 점에 착안하였다. 이를 제대로 구현하기 위해서는 Robotics를 이용해야 한다고 판단하여 로봇 제조 업체인 ABB 로봇 두 쌍에 각각 X-ray emitter와 detector를 장착하고 매우 빠른 속도로 synchronized scanning을 하도록 하였다. 로봇 arm의 회전에 따라 다양한 종류의 영상 정보를 동일한 voxel에 digital radiography, tomosynthesis, DEXA 정보를 얻어 material property에 대한 정보를 획득하고 이를 통해 mesh를 만들어 여러 동작들을 high speed로 촬영하여 동작 과정중에 해당 voxel의 HU 값의 변화를 추적하면 *in-vivo*에서 cartilage 및 soft tissue의 deformation을 사진과 같이 측정할 수 있다는 것이다.



술자는 각종 parameter와 반대쪽 정상 관절의 계측치를 비교하면서 fine tuning을 하게 되고 position 및 rotation 등을 교정할 수 있다. Resection level을 정하고 resection 및 implant positioning을 정한 후 이를 시뮬레이션 할 수 있다.



최종적으로 resection level을 정하고 이에 대한 참고 계측 값을 보고하여 수술장에서 사용할 수 있게 한다. 마지막으로 관련 자료들을 출력할 수 있다.

이 정도로만 보면 종래의 Digital templating과 다를 것이 없어 보이지만 CT 없이 femoral torsion을 구할 수 없고 torsion에 대한 고려 없이는 정확한 stem anteversion을 정할 수 없다는 점을 미루어보아 수술 전 3차원 적인 geometry를 고려한 정확한 수술 계획 수립에 큰 도움이 될 수 있으리라 예상되며 complex case에 큰 도움이 될 수 있을 것으로 예상된다.



# 헬스케어빅데이터로 무엇을 할 수 있는가?

서울의대 해부학교실 최형진

최형진 교수는 독특한 이력의 소유자로 서울의대를 졸업하고 동대학에서 박사학위를 취득하고 충북대학교 내과 내분비학과에서 임상교수로 3년 동안 진료, 연구, 교육 업무를 담당하다가 2015년 3월부터 서울의대 해부학교실 조교수로 연구 및 교육 업무에만 종사하고 있다.

최근에 소위 “빅데이터(Big Data)”라는 트렌드가 사회 및 기업 환경에서 큰 화두로 떠오르고 있다. 우리는 끊임 없이 거대한 데이터가 쏟아져 나오는 시대에 살고 있다. 이 데이터를 어떻게 수집, 저장, 분석, 활용할 것인가에 기업의 흥망이 달려 있다고 해도 과언이 아닌 시대가 되었고 이는 의학 영역에서도 마찬가지다. 최근 국내 및 국제내분비 학회에서는 빅데이터 세션이 빠짐없이 등장하여 많은 관심을 받고 있다. 본 종설에서는 헬스케어 영역에서의 빅데이터의 활용에 대해 논의하고자 한다.

**2014 대한골대사학회 제26차 추계학술대회**

일시: 2014년 11월 15일(토)  
장소: 가톨릭대학교 성의회관 마리아홀 1002호

15:40-16:05  
**Biomedical big data and osteoporosis research**  
최형진 (충북의대 내분비내과)

**ICG/ENDO 2014** JUNE 21-24 CHICAGO

**미국 내분비 학회**

Navigating Biomedical Big Data  
Tuesday, June 24, 2014: 11:15 AM-12:45 PM  
W178 (McCormick Place West Building)

Chair:  
M Susan Smith, MS, PhD, OR National Primate Resrch Ctr., Oregon Health & Science University, Beaverton, OR

11:15 AM S77-1 Big Data from Small Data: Linking & Accessing Biomedical Big Data  
Maryann E Martone, PhD, UCSD

11:45 AM S77-2 Making Sense of Genomic Data to Advance Genomic Medicine  
Alan R Shuldiner, MD, Department of Medicine, Univ of Maryland, Baltimore, MD

12:15 PM S77-3 Linking and Accessing Big Data for Translation to Clinical Medicine: The Cancer Genome Atlas  
Thomas A Gaidano, MD, PhD, Pathology, Internal Medicine, University of Michigan, Ann Arbor, MI

먼저 빅데이터란 무엇인가? 많은 사람이 빅데이터에 대해 이야기 하지만 마치 시각 장애인들이 코끼리를 만지는 것처럼 그 일면만을 이야기하고 있다. 듀크 대학교의 Dan Ariely 교수는 빅데이터에 대해 마치 ‘Teenage sex’와 같다고 하였다. ‘Big data is like teenage sex: everyone talks about it, nobody really knows how to do it, everyone thinks everyone else is doing it, so everyone claims they are doing it’. 데이터의 양이 많다는 사실(Volume)뿐만이

이를 통해 다양한 운동 동작에서의 exode(instant center of rotation)의 평균을 도출할 수 있고, 만약 이 기술을 TKA에 적용한다면 이 평균적인 exode를 수술 후 확보할 수 있다는 것이 4DDI를 통한 TKA의 기본 컨셉이다. Exode를 제대로 구현하게 된다면 건강한 슬관절과 동일한 surface, soft tissue strain을 보일 것이라는 가설이다. Conventional mechanically aligned TKA에서 벗어났다는 점에서 Howell의 kinematically aligned TKA와 일맥상통하는 면이 있다.

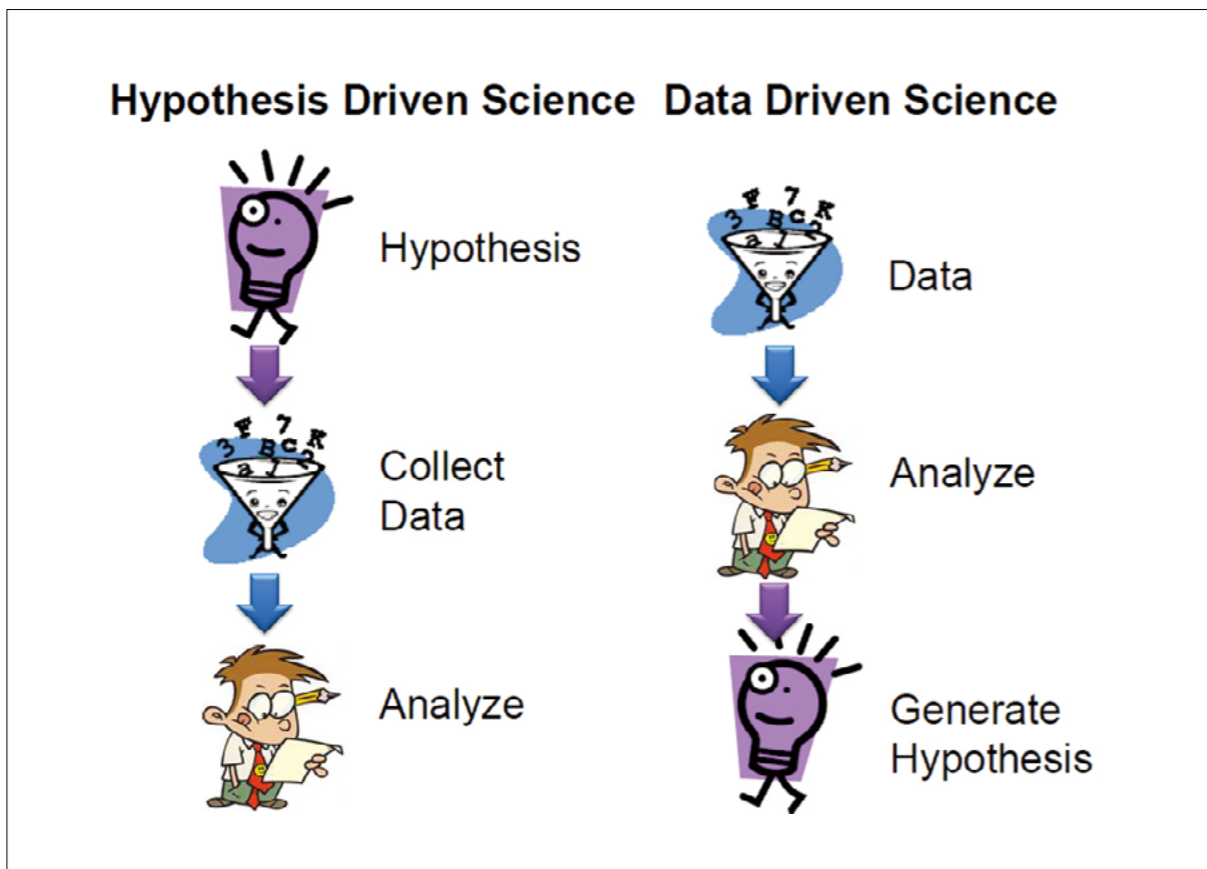
본 장비의 가장 큰 장점은 피사체의 크기와 자세 및 동작에 무관하게 전신에 대해 매우 빠른 속도로 고해상도의 영상을 획득할 수 있으며 VOI을 줄이면 비교적 짧은 시간에 현재의 clinical CT보다 해상도가 10배 이상 높은 영상을 in-vivo에서 real-time으로 획득할 수 있다는 점이다. 영상의학 및 정형외과학 전 영역에 걸쳐 새로운 차원의 evidence를 제공할 수 있을 것으로 사료되나 현재로서는 대당 설치비 포함 1.8 million USD라는 높은 가격이 사용의 걸림돌이다. 또한 4DDI를 이용한 수술의 경우 현재로서는 계획단계이며 미국에서 FDA 승인이 수술 전후 평가에 대해서만 적용된 상태이다.

이러한 제한점에도 불구하고 현재로서는 in-vivo high resolution 4D imaging에 최적화되어 있는 매우 우수한 장비라는 점에서는 이론의 여지가 없을 것으로 사료되며 향후 관련 연구가 주목된다.





아니라 다양한 형태로 존재한다는 점(Variety), 이 데이터들이 빠른 속도(Velocity)로 전달되어 순간적인 분석을 요구한다는 점이 특징적이다. 데이터의 종류가 다양하고 그 양이 많은 가운데 순간적으로 이를 가공하여 적절한 결론을 도출해야 한다. 종래의 가설(hypothesis) 기반의 의학이 가설을 도출하고 이를 검증하기 위해 자료를 수집하였다면 현재의 데이터(data) 기반의학은 자료를 수집 및 분석하여 가설을 도출한다고 할 수 있다.



종래의 유전자 연구가 기존의 지식을 이용하여 후보유전자를 선별하여 분석하는 것이라면 현재의 유전자연구는 모든 유전자를 대상으로 분석하여 새로운 결과를 도출하는 것이다. GWAS (Genome wide association study)라고 하는 이와 같은 연구방법은 최근 매우 활발히 응용되고 있다. 이를 발전시켜 PheWAS(Phenotype-wide Association Study)까지 진행되고 있는데 빅데이터 분석을 이용하여 기존에 알려진 SNP(single nucleotide polymorphism)과 가장 관련이 높은 질환을 새로이 발견하여 발표하기도 하였다.

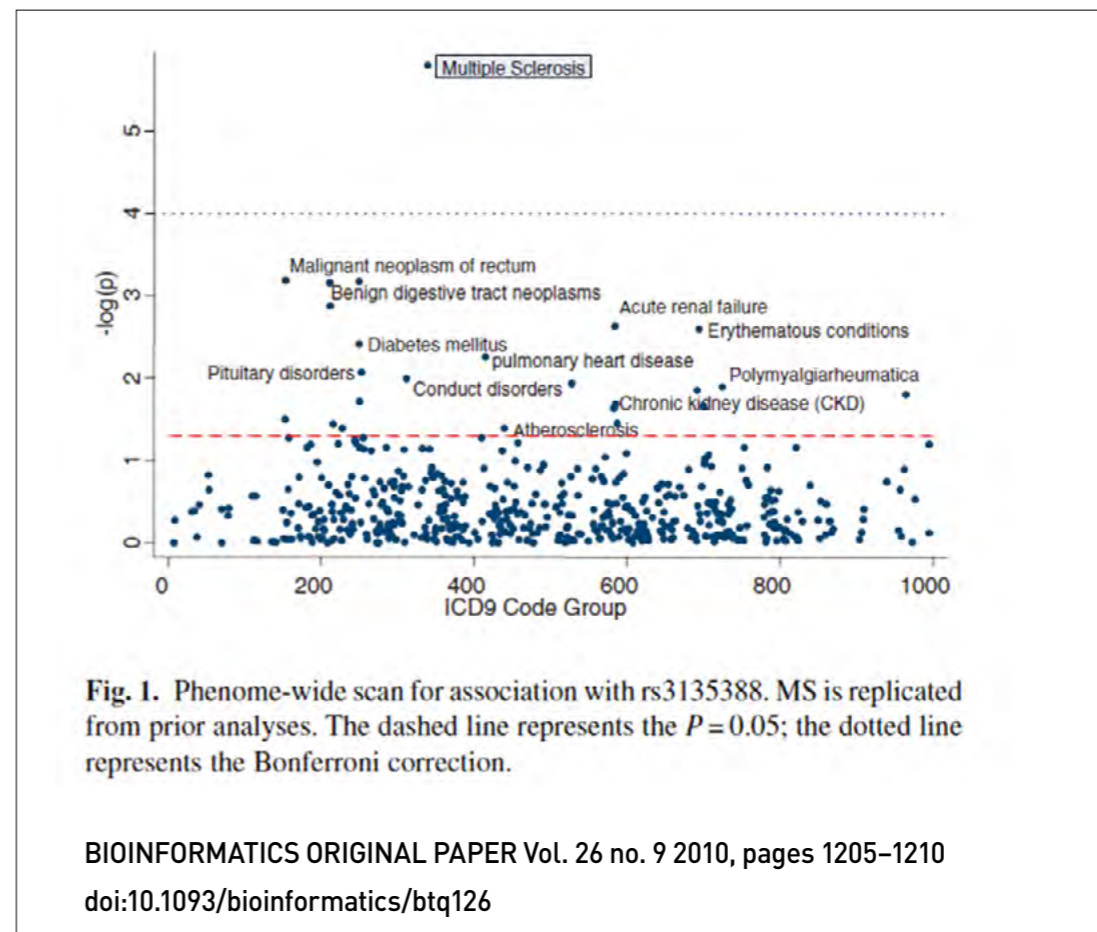


Fig. 1. Phenome-wide scan for association with rs3135388. MS is replicated from prior analyses. The dashed line represents the  $P=0.05$ ; the dotted line represents the Bonferroni correction.

BIOINFORMATICS ORIGINAL PAPER Vol. 26 no. 9 2010, pages 1205-1210  
doi:10.1093/bioinformatics/btq126

이를 더욱 발전시킨다면 genome과 phenome에 추가하여 개개인의 환경요인까지 추가한 envirome과 해부학적 요인인 anatome을 연계한 맞춤형 의학을 도출할 수 있을 것이다. 이를 통해 개인맞춤형 의학은 진단 및 치료에 있어 보다 미세화된 접근을 하게 될 것이다. 미국의 오바마 대통령은 2015년 1월 30일 Precision Medicine에 2억 1,500만 달러를 투자하겠다고 발표하였다. 국내의 의료환경 및 연구환경도 이를 따를 가능성이 매우 크다.

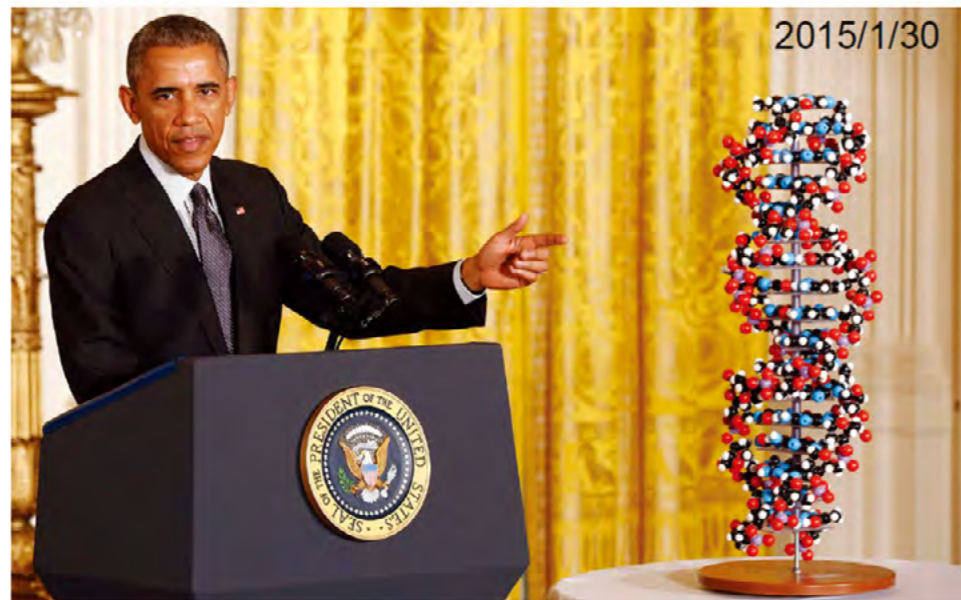
후성유전학(epigenetics)은 유전학(genetics)에 'epi'라는 접두어를 붙인 용어이다. Genome 프로젝트의 연구가 마무리되었고 그 뒤를 이어proteome 프로젝트가 시행되는, 이른바 post-genome시대가 도래되었다. 과학자들은 이러한 연구에서 얻은 정보를 이용하여 의학에 적용하거나 신약개발에 활용하는 일에 최선을 다하고 있다. 그러나 이를 위해서는 단백질을 만드는 유전자의 기능과 조절기작이 우선 밝혀져야 한다. 현재까지는 DNA 염기서열의 변화와 재조합만이 형질변화의 원인으로 생각되어 왔다. 그러나 DNA의 염기서열이 변하지 않더라도



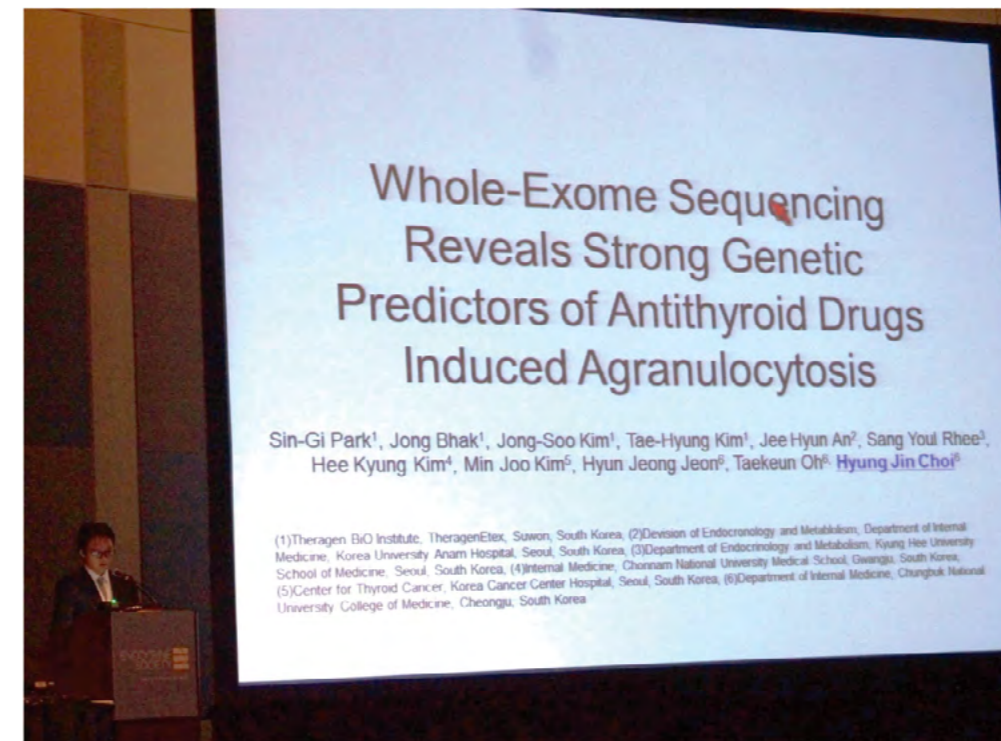


유전자 기능이 변하며 이 변화는 어버이로부터 자손에게 전해질 수 있다는 연구결과가 속속 발표되고 있다. Epigenetics는 바로 이러한 현상, 즉 DNA 염기서열의 변화가 없이도 유전자 발현패턴 및 유전자 발현활성이 변화되고, 이것이 다음 세대로 유전되는 현상을 연구하는 새로운 영역의 학문이라고 할 수 있다. DNA methylation의 조절과 Histon modification은 염기서열을 변화시키지 않고 다음 세대로 유전될 수 있으며 이것이 질병을 일으키는 원인이 될 수 있다는 것이다. 이를 연구하는 것이 epigenomics이며 이외에 mRNA를 연구하는 transcriptomic, Protein을 연구하는 proteomics, metabolites를 연구하는 metabolomics 등이 독립적으로 존재하며 이를 모두 종합하여 하나의 질병 발생메커니즘을 연구하는 것이 향후 빅데이터 활용 발전 방향 중 하나이다. <http://www.proteinatlas.org/>와 같이 인체의 각 장기 및 조직 단백질 및 RNA 정보들이 공개데이터베이스로 정리되어 연구에 활용할 수 있게 한 것이 한 예라 할 수 있다.

## Precision Medicine Initiative \$215M



이와 같은 연구의 흐름은 필연적으로 맞춤형 의학으로 이어지게 되고 현재도 다양한 시도들이 진행중이다. 23andMe와 같은 업체의 등장으로 개인의 genome분석을 100달러도 되지 않는 저렴한 가격으로 수행할 수 있게 되었고 환자군과 대조군 분석을 통해 동일한 치료에 대해 부작용을 보이는 환자나 예후가 나쁜 환자를 찾을 수 있다면 치료현장에 이를 적용할 수 있게 된다. BRCA 유전자가 있어



양쪽 모두 mastectomy를 시행한 안젤리나 졸리의 경우가 이에 해당한다 하겠다. Exome은 genome 중 exon에 해당하는 정보로 whole exome sequencing을 통해 anti-thyroid drug에 agranulocytosis가 발현되는 예측 유전자를 보고한 바 있다.

유전체 데이터 외에도 다양한 데이터들이 사람의 건강상태를 파악하는 데 필요한데, 전통적인 병원의 진료 기록 외에도 SNS, 환경, 운동량, 영양정보 등 다양한 정보들이 새롭게 부각되고 있다. 국내의 경우 이미 대형종합병원들이 전자의무기록시스템을 도입하여 모든 진료 기록을 전산화하여 저장한 지 10년이 넘었고 전체의료기관의 전자의무기록시스템 도입률이 92%에 달하고 있다. 이를 통해 국민건강보험공단이나 건강보험심사평가원에서 다양한 의료 빅데이터 사업을 진행하고 있는데, 대표적인 예로 국민건강보험공단은 100만 명 전국민 코호트를 공개하였고, 건강보험심사평가원은 의료보험청구 데이터 접근에 대한 API를 개발하여 공개하였다. 필자는 이를 분석하여 고혈압약과 골절의 상관관계를 분석하여 보고한 적이 있다.





# 디지털 헬스케어의 미래, 의사, 인공지능의 습격에 대비할 때

성균관대학교 휴먼ICT융합학과 교수  
디지털 헬스케어 연구소 소장  
**최윤섭**

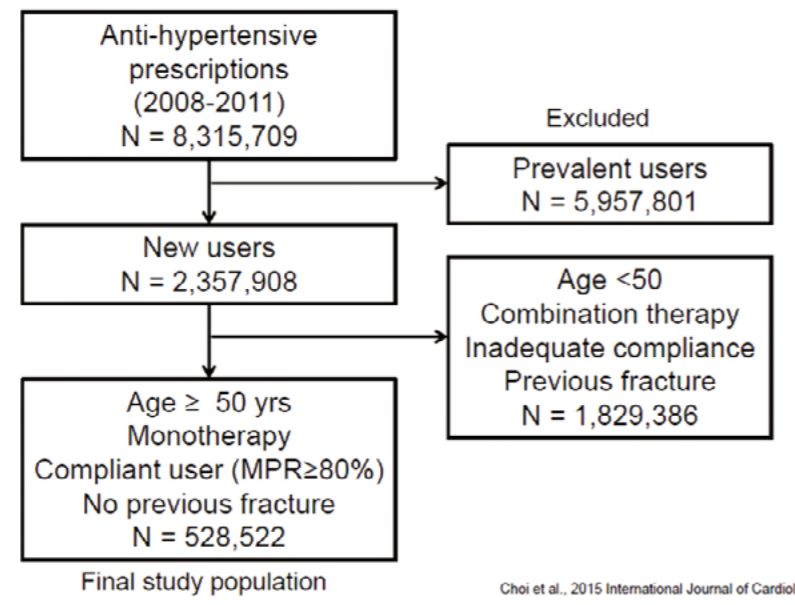
인공지능의 습격이 시작되고 있다. 영화 '터미네이터' 이야기가 아니라, 우리에게 닥치고 있는 실제 상황이다. 현재 인류는 유사 이래 처음으로 인공지능이 실생활과 비즈니스에 활용되기 시작한 시대에 살고 있다. 이러한 인공지능의 영향은 갈수록 더 커질 것이다. 이미 인간은 기계와 경쟁을 시작했으며, 그 경쟁에서 패배한 사람들은 일자리를 잃어가고 있다. 이러한 경쟁에 직면하게 되는 대표적인 직종이 바로 의사이다. 불편한 진실이다. 이제는 이러한 현실에 대비를 시작할 때이다.

## 제 2의 기계 시대 : 인공지능

인류가 이룩해온 산업의 역사에서 가장 중요한 발명품 중의 하나는 증기 기관이다. 증기 기관의 발명에 따라 인류는 노동에서 근육의 한계를 넘어서게 되었고, 그 결과 공장, 대량생산, 철도와 대중교통을 탄생시켰다. 이는 현대 생활 그 자체를 만들어내는 원동력이었다. 하지만 그 결과 모두가 행복해진 것은 아니었다. 자신의 근육을 사용하여 일하던 많은 블루칼라 노동자들은 증기 기관 때문에 일자리를 잃었던 것이다. 한동안 러다이트 운동을 비롯한 기계 파괴운동으로 그들은 저항했지만, 이 흐름을 거스를 수는 없었다.

현재 인류는 소위 '제2의 기계 시대'로 불리는 또 한 번의 변혁을 맞이하고 있다. 이번에는 증기기관이 아닌 인공지능의 발전 때문이다. 증기 기관이 근육의 한계를 넘어서게 했다면, 인공지능은 인류로 하여금 두뇌의 한계를 넘어서게 한다. 이번에 기술적 실직(technological unemployment)의 희생양이 되는 것은 다름 아닌 화이트칼라, 혹은 지식 근로자들이다.

**KSBMR** Korean Society for Bone and Mineral Research  
**심평원 빅데이터 연구**  
**고혈압약과 골절**  
**H I R A**



의료 영상영역에서도 빅데이터 분석을 통해 종래의 영상에서 새로운 데이터를 추출하고자 하는 노력이 이루어지고 있다. 일례로 DEXA의 영상을 분석하여 골밀도뿐 만이 아니라 골질을 분석하는 TBS(trabecular bone score)를 들 수 있다. Connectome은 뇌의 1,000억 개 신경세포의 모든 연결구조와 활동원리가 담긴 뇌의 지도로 사전적 의미로는 유전자 지도처럼 생명체의 신경망이 어떻게 연결되어 있는지 규명해 이를 도식화하는 것을 말한다. Connectome을 기반으로 한 GWAS를 통해 새로운 정보를 도출하고 있다.





### 지식근로자들의 기술적 실직

지식근로자들의 기술적 실직은 이미 벌어지고 있는 현실이다. 로봇은 이제 인간의 도움 없이도 신문 기사를 작성하고 있다. AP 통신 등은 이미 이러한 시스템을 이용하여 기사를 내보내고 있으며, 이 시스템은 초당 2천 개에 달하는 기사의 작성이 가능하다. 기자들은 자신의 역할을 고민해야 할 때다.

변호사도 마찬가지다. 기존에 대형 소송을 위해서는 서류 검토를 위해 수백 명의 변호사가 강당을 가득 채우고서 밤을 새우곤 했다. 하지만 이제는 컴퓨터가 관련 서류를 미리 읽고 필요한 자료들을 선별하여 줌으로, 그 강당을 채운 변호사들은 다른 업무를 찾아야 했다.

니콜라스 카가 저서 '유리감옥'에서 지적한 바와 같이 비행기의 조종실은 자동화에 따른 기술적 실업을 단적으로 보여주는 공간이다. 1940년대에는 비행기 운항을 위해 조종사를 포함한 5명의 전문가가 필요했다. 비행기 조종이 자동화되면서 이 숫자는 서서히 줄어들어 지금은 두 명의 조종사만이 조종실을 지키고 있으며, 이제는 이마저도 너무 많다는 이야기가 나온다. 전체 비행 과정 중에 인간 조종사가 실제로 조종간을 잡는 시간은 이제 이착륙 시의 단 3분에 지나지 않는다.

### '닥터 왓슨'의 진격

인공지능의 대표적인 활용 분야는 다름아닌 의료 분야이다. 미국의 유명 퀴즈쇼 '제퍼디!'에서 인간 챔피언들을 물리치며 유명세를 얻은 IBM의 인공지능 왓슨은 이미 재무, 여행, 요리 등의 다양한 분야에도 적용되고 있다. 그러나 역시 가장 활발하게 적용되는 분야는 헬스케어 및 의료 분야이다.



왓슨은 이미 2013년부터 뉴욕의 메모리얼 슬론 케터링 암센터에서 폐암 환자 진단을 받기 위한 트레이닝을 받기 시작했다. 이어서 MD 앤더슨, 클리블랜드 클리닉, 메이요 클리닉 등 세계 유수의 병원들은 저마다 왓슨을 채택하기 시작했다. 왓슨은 의사를 도와서 EMR의 데이터를 분석하여 진료 전 환자 프리뷰를 돕고, 의학적 근거에 기반하여 환자에게 최적의 치료법을 권고하며, 등록 가능한 임상 시험을 선별해주며, 게놈 데이터를 분석하여 발병 원인 변이를 찾아준다. 특히, 지난 6월 ASCO에서 MD앤더슨 연구자들에 따르면, 백혈병 환자 200명을 대상으로 왓슨의 권고한 표준 치료법은 MD앤더슨의 인간 의사의 결정과 80% 이상 일치했다.



'닥터 왓슨'은 이제 세계로 퍼져나가고 있다. 지난 10월 태국의 선도 병원인 범룽랏 국제 병원은 IBM과 메모리얼 슬론 케터링 암센터가 공동 개발한 왓슨 온콜로지(Watson Oncology)를 채택하겠다고 전격 발표했다. 이는 미국 이외의 병원에서 왓슨이 채택된 최초의 사례이다. 블룸그라드의 최고 의료정보 책임자인 제임스 마이저 박사는 왓슨에 대해 "환자의 현재 정보를 리뷰할 수 있는 유능하고 박식한 동료로 가진 것과 같다"며, "왓슨은 신속하고, 포괄적이며, 현재 내가 치료하는 개별 환자에게 의학적 근거들이 어떻게 적용될지 이해하는 것에 뛰어나다"고 언급했다.





클라우드 기반의 왓슨 솔루션은 통신망만 있다면 이제는 전세계 어디에서나 쉽게 접근할 수 있다. 지난 3월 중순 한국 IBM에도 왓슨 사업부가 신설되었으며, 관련 인력들이 발빠르게 움직이고 있다. 7월 초에는 IBM의 본사의 인력이 한국을 방문하여 국내 대형 병원들과 미팅을 가지면서 왓슨의 도입을 논의했다고 한다.

### 디지털 병리학자

인공지능은 인간의 지능을 정말 능가할 수 있을까? 이 질문은 그 자체로 성립하지 않는 질문이다. 왜냐하면 일부 분야에서 이미 인공지능은 인간보다 나은 판단 능력을 보여주고 있기 때문이다. 몇 년 전부터 딥 러닝(deep learning)이라는 기계 학습의 한 분야를 활용하여 구글, 페이스북, 알리바바 등은 사람의 얼굴을 인식하는 인공지능을 앞다투어 개발하고 있다. 이 알고리즘들은 이미 인간이 사람의 얼굴을 인지하는 정확도를 더 넘어섰다. 일반적으로 사람의 정확도는 95% 정도인데 반해, 페이스북의 '딥 페이스(DeepFace)', 구글의 '페이스 넷(FaceNet)'은 각각 97.35%, 99.63%의 정확도를 보여준다.

이러한 인공지능의 이미지 분석 능력은 고스란히 영상의료 데이터나 병리학적 판단을 위해서 사용될 수 있다. 이른바 '디지털 병리학자'의 등장이다. 인간 병리학자는 본인의 눈과 슬라이드, 현미경에 기반하여 판독한다. 문제는 병리학자들 간의 숙련도와 역량에 따라 판독 결과가 일치하지 않는 경우도 있고, 애매한 샘플의 경우에는 동일한 샘플을 같은 병리학자가 보더라도 판독이 달라지기도 한다.

인공지능을 도입하면 이러한 인간의 부정확성과 주관, 개인차를 보완할 수 있지 않을까? 지난 2011년 하버드 메디컬 스쿨의 병리학자 앤드류 백(Andrew Beck)은 "C-Path(Computational Pathologist)"라는 툴을 개발했다. C-Path는 유방암 생검 샘플에 대해서 6,642 가지의 기준(feature)을 바탕으로 암의 병기 판단과 예후의 예측을 성공적으로 진행했다(Sci. Transl. Med, 2011). 이러한 사례는 현재 시도되고 있는 디지털 기술의 의료 접목에 아주 일부분에 불과하다.

### 의사의 역할은 어떻게 변화할 것인가

무서운 사실은 이러한 IT 기술은 기하급수적으로 발전한다는 것이다. 무어의 법칙에 따르면 18개월마다 CPU, 메모리 등의 성능은 두 배씩 좋아진다. 수십년 전 부터 이 법칙은 지켜져 왔으며, 앞으로도 지켜질 것으로 예상되고 있다. 즉, 15년 정도가 지나면, IT 기술은 지금보다 1,000배가, 30년이 지나면 약 10만배

(=2<sup>20</sup>) 좋아진다. 왓슨이나 디지털 병리학자와 같은 인공지능 기술은 그 때가 되면 얼마나 발전해 있을지 상상하기 어려울 정도이다.

의사들은 이제 인공지능의 영향을 받을지의 여부가 아니라, 언제 받게 될지가 문제이다. 비노드 코슬라의 말처럼 '80%의 의사가 알고리즘으로 대체' 되지 않을 지는 몰라도, 의료 행위에 필요한 인간 의사의 수는 앞서 언급한 변호사나 파일럿의 사례처럼 줄어들 수 있다.

특히, 현재 의과대학에 재학중인 예비 의사들이나, 수련을 받고 있는 젊은 의사들은 은퇴 전에 이러한 인공 지능의 영향을 받게 될 가능성이 높다. 비노드 코슬라는 2025년이면 일상적인 의료 환경에서도 큰 변화가 생길 것으로 예상했다.

이제는 인공지능이 의사와 의료계에 미치는 영향에 대해서 논의하고 대비책을 세우는 것이 필요한 시점이 다가오고 있다. 무엇보다 인공지능에 따라 의사의 역할이 향후 어떻게 변화할 것인지에 대해서 논의해야 한다. 현재 의사가 맡고 있는 많은 역할 중에서 어떤 것이 인공지능에 의해서 자동화될 것인지, 그리고 어떠한 부분은 마지막까지 인간의 역할로 남을 것인지에 대한 고민이 필요하다.

기본적으로 직관에 의한 의사 결정이 아니라, 정량적이고 객관적인 데이터나 근거에 기반하여, 논리적이고 단계적으로 내려지는 의사 결정 과정은 원칙적으로 알고리즘화가 가능하다. 이러한 기준에 맞춰서 자신의 전문 분야나 역할 중에 자동화 되지 않을 부분을 골라내는 것이 중요하다. 또한 인공지능이 의사의 수고를 덜어준 덕분에 새롭게 생겨나게 되는 인간 의사의 역할도 있을 것이다.

각 전공마다 인공지능에 의해 대체 가능한 부분이 많을 수도 혹은 적을 수도 있다. 사실 혈액종양내과는 MSKCC(폐암), MD앤더슨(백혈병), 메이요 클리닉(항암제 임상시험), 클리블랜드 클리닉(암 유전체 분석)의 사례에서 보듯이 이미 이러한 영향을 받기 시작했다. 앞서 언급한 C-Path의 사례와 같이 영상의학과와 병리과도 이미 영향을 받고 있다.

반면 에릭 브린올프슨 MIT 교수가 '제 2의 기계 시대'에서 언급한 바를 바탕으로 생각해보면, 술기가 중요한 외과나 인간 사이의 커뮤니케이션이 중요한 정신과 등은 상대적으로 늦게 영향을 받을 것이다.





### 의학 교육도 바뀌어야 한다

'기계적인 역할'을 기계가 맡게 되었을 때 인간 의사에게 강조될 역할은 무엇일까? 현재 의사의 '역할' 중 80% 가 기계에 의해 자동화된다면, 남게 될 20%의 역할은 과연 무엇일까? 이 질문에 대한 답에 따라서 현재의 의과대학 교육 커리큘럼이나 평가 방법, 전공의 수련 체계도 바뀌어야 한다.

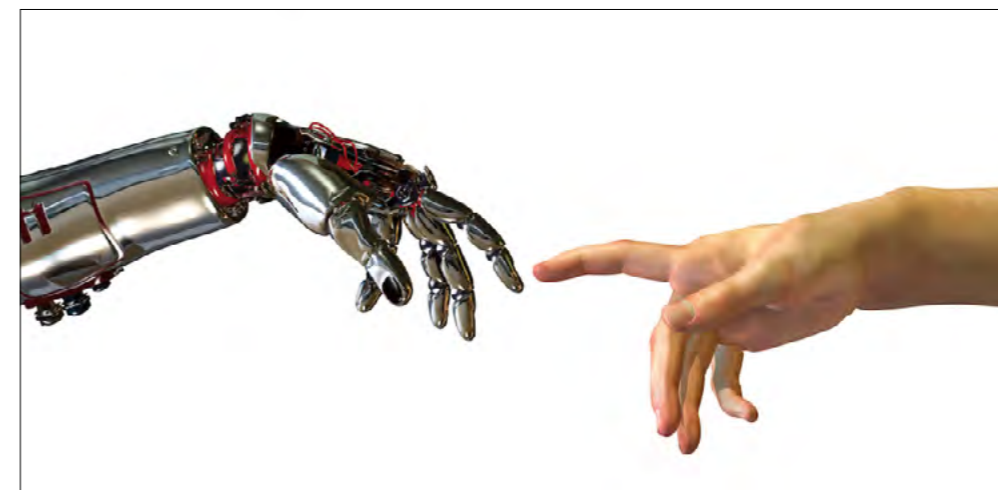
일단 의학 교육에서 단순 암기에 대한 중요성은 덜 강조되어야 할 것이다. 암기는 컴퓨터가 훨씬 더 잘 하기 때문이다. 왓슨은 지금도 인간의 언어(자연어)를 읽고 이해할 수 있으며, 이는 의학 교과서나 논문을 눈 깜짝할 사이에 읽고 기억할 수 있다는 말이 된다. 더 나아가 한번 외운 것은 결코 잊어버리지 않는다.

반면 새로운 분야에 대한 연구나, 창의성을 길러주는 교육, 그리고 인간대 인간으로서 환자를 대할 수 있도록 하는 인문학적, 커뮤니케이션 역량 등이 더욱 강조되어야 할 것이다. 인공지능이 활용된다는 점은 기술적인 측면에서의 의사들 사이에서는 상향 평준화가 일어난다는 의미로도 해석될 수 있다. 그렇다면 우수한 의사를 평가하는 기준은 기술적인 측면 이외의 인간적이고 소프트한 부분에서 평가를 날 가능성도 있다.

하지만, 의사 출신 언론인 박재영 주간이 저서 '개념의료'에서 지적했던 바와 같이, 현재의 의과대학 교육과정은 이러한 역량의 증진을 목표로 하지 않고 있다. "의사 소통과 팀워크의 기술을 가르쳐 준 수업은 단 한 시간도 없었다. 이것이야말로 내가 매일 절실히 필요로 하는 기술인데도 말이다." 존스홉킨스의 피터 프로노보스트 교수의 고백이다.

또한 컴퓨터를 활용할 수 있는 교육도 필요하다. 인공지능의 기초 원리를 알지 못하고서는 이를 활용하기가 쉽지 않기 때문이다. 기본적인 프로그래밍과 통계학적 지식의 습득은 필수가 될 것이다. 최근 하버드 의과대학이 바이오메디컬 인포매틱스 학과를 정식 런칭한다는 소식은 그런 이유로 의미심장하게 느껴진다. (바이오인포매틱스 분야에서 활용되는 주요 기법 중의 하나가 머신 러닝이다)

더 나아가서는 인공지능을 활용하여 환자를 더 효과적으로 진료하는 과정 자체를 배워야 할 것이다. 어차피 수련을 끝낸 뒤에 진료 현장에서 인공 지능을 활용해야 한다면, 그것 자체를 수련 과정 중에 배우는 것이 더 좋은 의사를 배출하기 위한 방법일 것이기 때문이다. 우리는 이제 기계와 함께 달리는 법을 배워야 한다.



### 이제는 대비가 필요하다

제퍼디! 퀴즈쇼에서 전설의 74연승을 거두며 일약 스타덤에 올랐던, 퀴즈 챔피언 켄 제닝스는 왓슨에게 패배한 후, "우리는 생각하는 기계에 의해 일자리를 잃은 최초의 지식근로자로 기록될 것이다. 그리고 나는 (이러한 실직을 겪는) 마지막 사람이 아닐 것으로 확신한다" 고 언급했다. 결코 흘려 듣지 말아야 할 이야기다.

인공지능은 더 이상 SF 영화 속 산물이 아닌, 이미 시작된 미래이다. 현재 한국 의료계에서는 원격진료나 하는 소모적인 논쟁으로 디지털 기술과 의료의 조화가 갈수록 늦어지고 있지만, 세계적으로 그보다 훨씬 전방위적이고 파괴적인 영향을 미칠 수 있는 변화가 진행 중이다. 우리도 너무 늦기 전에 이러한 변화에 대비해야 할 때이다.



OrthoPilot®

**HipSuite**

THA Pro  
THAplus  
THA Dysplasia  
THA ACA

**KneeSuite**

UKA  
TKA  
TKR

**SportMedSuite**

HTO  
ACL  
CDM

World leader in Orthopaedic Navigation

**B | BRAUN**  
SHARING EXPERTISE