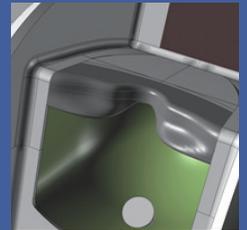


융합연구리뷰

Convergence Research Review

2018 February | vol. 4 | no. 2

ISSN. 2465-8456



Part. 1 스마트한 헬스케어 빅데이터 활용을 위해

Part. 2 혀를 이용한 건강진단 장치 개발 동향 및 응용
가능 방향

Contents

- 01 편집자 주
- 04 스마트한 헬스케어 빅데이터 활용을 위해
- 30 혀를 이용한 건강진단 장치 개발 동향 및 응용 가능 방향



융합연구리뷰 | Convergence Research Review
2018 February vol.4 no.2

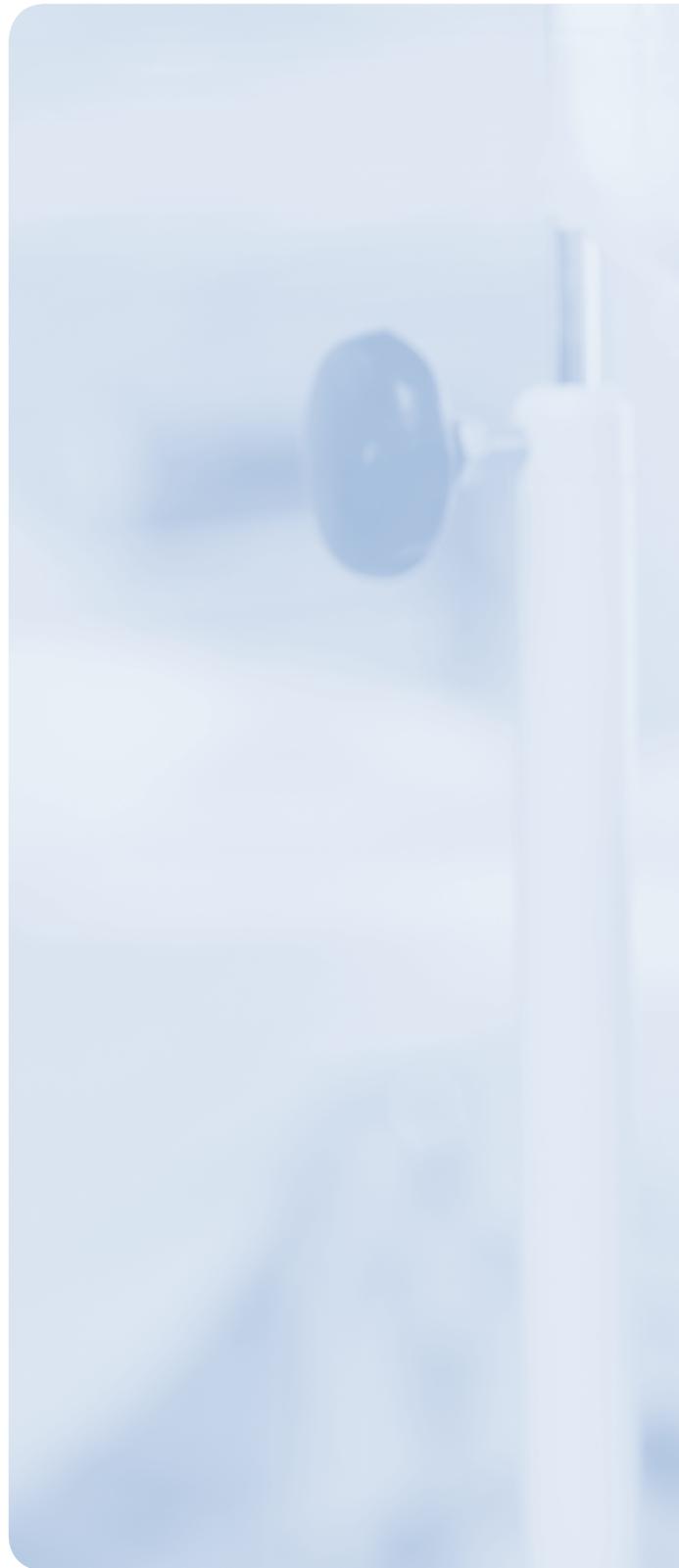
발행일 2018년 02월 1일

발행인 이광렬

편집인 최수영 · 이현숙

발행처 한국과학기술연구원 융합연구정책센터
02792 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5
Tel. 02-958-4984 | <http://crpc.kist.re.kr>

펴낸곳 승일미디어그룹 주식회사 Tel. 1800-3673



| 스마트한 헬스케어 빅데이터 활용을 위해

최근 ICT를 비롯한 과학기술의 발달로 사물-사람-데이터가 연결되는 초연결사회가 도래했다. 이제 우리 생활의 모든 활동들이 데이터화되어 정보로 축적되고 있으며, 이러한 정보들이 모여 빅데이터화되고, 빅데이터를 기반으로 한 정보처리기술이 발달하면서 관련 산업이 빠르게 성장하고 있다. 이러한 사회변화가 'AI, 빅데이터 등 디지털 기술로 촉발되는 초연결 기반의 지능화 혁명'인 4차 산업혁명 시대를 만들었다고 할 수 있다.

빅데이터는 이미 여러 분야에서 활용되고 있다. 그중 대표적인 것이 의료 및 헬스케어 분야이다. 의료 및 헬스케어분야의 빅데이터 활용은 의료기관을 중심으로 환자 진료 및 병원 운영의 효율화를 위해 적극 도입되어 병원에서 쉽게 접하게 되었다. 현재 환우의 진단부터 진료기록 관리에 이르기까지 많은 부분에서 활용되고 있으며 앞으로 더 확대 될 전망이다.

이에, 본 호 1부에서는 국내외 헬스케어 빅데이터 산업의 현황 및 전망과 헬스케어 빅데이터 활성화 방안을 다루고자 한다. 헬스케어 분야는 이미 국내외를 비롯한 여러나라에서 관련 산업들이 확대되고 있으며, 우리나라도 의료기관을 중심으로 발전하고 있다. 하지만 헬스케어 빅데이터는 일부 민감한 정보로 내포하고 있어 신중한 대처가 필요한 부분이기도 하다. 이러한 헬스케어 빅데이터를 활성화하기 위해서는 기존의 규제를 합리적으로 재정비하고 육성을 위한 적절한 규제가 필요하다. 이번 호 주제가 헬스케어 빅데이터 활성화를 위한 방향을 제시하는 밑거름이 되기를 기대해본다.

| 혀를 이용한 건강진단 장치 개발 동향 및 응용 가능 방향

의료용 로봇, 인공지능 및 빅데이터를 활용한 진단, 스마트 헬스케어 제품과 같이 의료분야는 타분야와의 융합이 활발하게 이루어지는 있는 분야 중 하나이다. 한의학에서도 과학기술과의 융합이 활발하게 이루어지고 있음에도 불구하고 상대적으로 알려지지 않았다. 사실 한의학은 수천년의 역사를 가진 의학이지만 의사의 주관적인 판단 및 해석방식으로 객관성이 부족하다는 이유로 많은 이견이 있는 분야이기도 하다. 이러한 한의학의 단점을 최근 과학기술과의 융합으로 보완하고 있다.

한의학과 과학기술의 대표적인 융합사례는 인공지능을 활용한 한의진단 시스템 개발, 시뮬레이션을 이용한 진맥 특성 매커니즘 규명, 3D 영상기술을 접목한 설진기 등이 있다.

이에, 본 호 2부에서는 대표적인 융합사례인 3D 영상기술을 접목한 설진기의 동향 및 응용가능성을 소개하고자 한다. 한의학의 기본 진단법 중 하나인 설진(舌診)은 그동안 객관성 및 표준화 등의 이유로 활성화되지 못하였지만, 3D 영상기술과의 접목으로 설진의 객관성이 확보될 것으로 예상된다. 향후 모바일을 통한 진단으로 개인용 헬스케어 분야에 설진이 활용될 수 있기를 기대해본다.

융합연구리뷰

Convergence Research Review 2018 February vol.4 no.2

<http://cipc.kist.re.kr>

01

스마트한 헬스케어 빅데이터 활용을 위해



경희대학교 컴퓨터공학과
신수용 (sooyong.shin@khu.ac.kr)

01' 서론

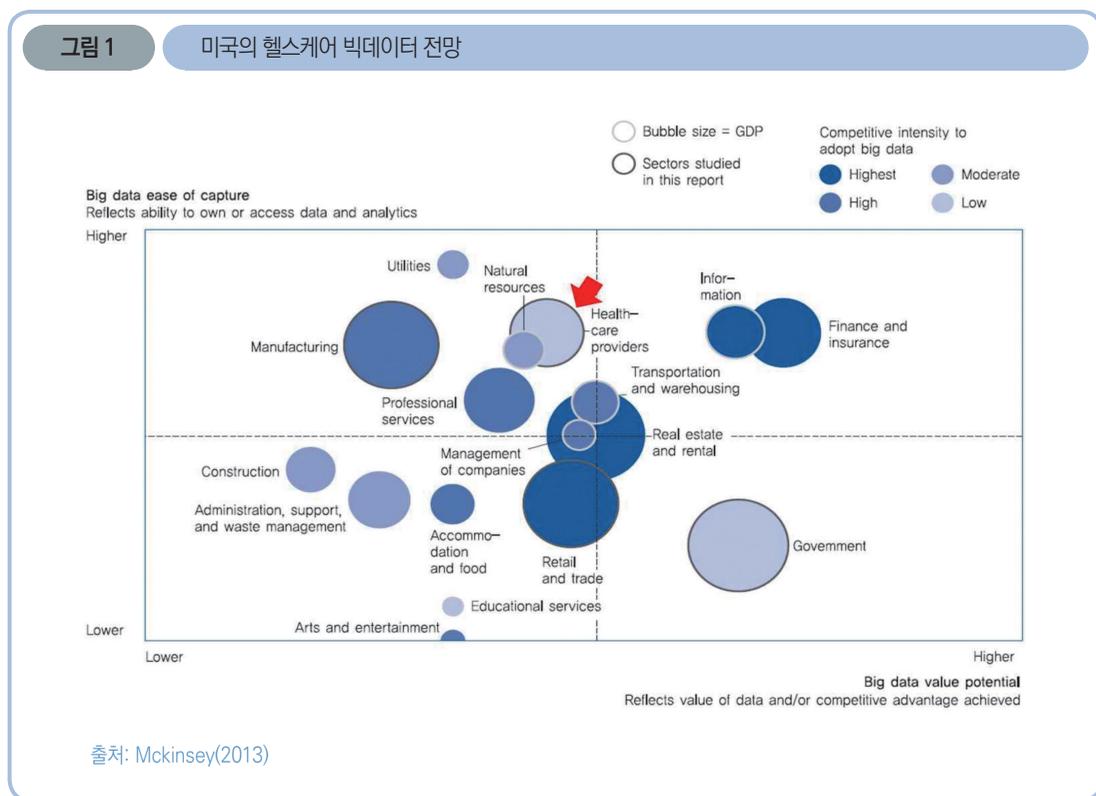
현대 의학은 근거중심의학(Evidence-based medicine)으로 환자들의 진료 및 임상 시험 결과를 근거(Evidence)로 하여 임상 가이드라인을 구축하고 이를 환자에게 적용하고 있다. 의학에서 말하는 근거는 여러 데이터들을 수집/분석하여 만들어낸 결과물이라고 할 수 있다. 따라서 보다 확실한 근거를 만들기 위해서는 방대하고 다양한 데이터가 필요하다. 이런 이유로 의료 분야에서는 자연스럽게 빅데이터를 적극적 받아들이고 활용하고자 노력하고 있다. 다행스럽게도 의료기관들이 환자 진료 및 병원 운영의 편의를 제고하기 위해 IT 기술을 적극적으로 도입함에 따라 많은 의료 정보들이 이미 전산화되어 빅데이터 수집이 손쉽게 가능해진 상황이다.

의료기관들이 사용하고 있는 전산시스템의 대표적인 예로 환자 의무기록을 전산화한 시스템인 전자의무기록(Electronic Medical Records, EMR) 시스템, 각종 검사 및 약물 처방 정보를 처리하기 위한 처방전달 시스템(Order Communication System, OCS), CT나 MRI같은 의료 영상을 위한 의료영상시스템(Picture Archiving and Communication System, PACS), 혈액 검사 등과 같은 각종 검사 정보를 처리하기 위한 검사정보시스템(Laboratory Information Management System, LIMS) 등을 들 수 있다. 2015년 기준, 국내 병원은 환자관리 및 수납 시스템 86%, 처방전달시스템 79%, 전자의무기록 71% 정도의 보급률을 보이고 있으며, 미국도 87%의 전자의무기록 보급률을 보이는 것으로 조사되었다[1~2].

이처럼 이미 많은 의료기관들이 환자들의 진료기록을 전산화하여 저장하고 있으며, 유전체 분석, 웨어러블 장비 등 관련기술들도 발전하고 있어 건강과 관련된 다양한 데이터들을 측정할 수 있게 되었다[3]. 또한, 축적된 헬스케어 빅데이터를 이용하여 질환을 진단하고 이를 치료하기 위한 새로운 방법 및 약물 등을 개발하려는 노력이 활발히 이루어지고 있다. 본 리뷰에서는 최근 전세계적으로 부각되고 있는 헬스케어 빅데이터 산업의 현황, 스마트한 헬스케어 빅데이터 활성화 방안을 제시하고자 한다.

02' 헬스케어 빅데이터 전망

미국의 의료 빅데이터를 분석한 2013년 맥킨지 보고서에 의하면, 빅데이터를 통해 미국의 전체 의료비 지출의 6~7%(1,900억 달러)를 절감할 수 있다고 한다[4]. 또한 보건의료 부분에서 빅데이터를 활용하면 높은 가치창출 및 경제적 효과를 얻어 낼 수 있을 것으로 분석하고 있다<그림 1>.



2.1 시장 규모

국가기술표준원의 '2016 표준기반 R&D 로드맵'에 따르면 헬스케어 빅데이터 시장은 2018년 1,427억 달러, 2023년 2,505억 달러 규모로 성장할 것으로 예측하고 있다<표1>[5]. 또한 Technavio에서 발표한 시장 조사 보고서¹⁾에서는 헬스케어 빅데이터 시장은 2015년부터 2019년까지 연평균 성장률 42%로 급격히 성장을 할 것이며, 특히 미국은 관련 법과 제도 정비하고 대형 과제 기획 등 정부차원의 지원을 바탕으로 전 세계 헬스케어 빅데이터 시장의 약 63%를 차지할 것으로 전망하고 있다. 그 외 여러 해외시장 조사 보고서에서도 헬스케어 빅데이터 시장은 연평균(CAGR) 17.34% ~ 40.5%로 성장하여 2018년 100억 달러 ~ 500억 달러의 시장규모를 형성할 것으로 예측하고 있다.

특히 그 중에서도 인공지능을 통한 분석 등이 주류를 이루는 헬스케어 분석(데이터 해석-분석)시장의 연평균 성장률은 38%로 가장 유망한 시장으로 예측되고 있다. 최근의 Markets&Markets의 시장조사 보고서에서도 헬스케어 AI 시장은 2022년 시장규모 300억 달러에 달할 것으로 예측하고 있다[4].

표 1 헬스케어 빅데이터 시장 규모 (단위: 억달러)

시장	세부 시장	2013	2018	2023	CAGR
서비스	건강관리 서비스	525	1,147	1,824	9.38%
	예측 의료서비스	4.4	6.7	10.5	9.47%
	유전자 서비스	17	28	42	8.41%
DB관리	데이터 저장-통합	27.3	146.4	346.2	21.27%
	데이터 해석-분석	1.6	6.9	34.4	37.55%
	시각화-빅데이터	23	92.4	248	19.62%

출처: 국가기술표준원(2016)

1) "Global Big Data Spending in Healthcare Industry - Market Research:2015-2019", <http://www.technavio.com/report/global-big-data-spending-in-healthcare-industry-market-research-2015-2019>, 2015.9.2

2.1.1 외국 사례

높은 시장성과 활용 가치를 바탕으로 IBM, 마이크로소프트, Google 등 대표적인 IT기업을 비롯해, 아스트라제네카, 화이자 등의 대형 제약회사들도 해당 분야에 대한 투자를 활발히 진행하고 있으며, 이와 더불어 다양한 스타트업들도 등장하고 있다.

현재 이 분야에서 가장 대표적인 기업은 IBM과 Google이다. IBM은 자사의 대표적인 솔루션인 IBM Watson을 의료분야에 적용하기 위해 미국의 유명 병원인 메모리얼슬론케터링 암센터(Memorial Sloan Kettering Cancer Center, MSKCC)와 함께 Watson for Oncology라는 제품을 개발하여 활발한 마케팅을 벌이고 있다. 이 외에도 Watson을 기반으로 Watson for Genomics, Watson for Clinical Trial Matching, Watson for Drug Discovery, Watson for Patient Safety, IBM Watson Imaging Clinical Review 등의 다양한 제품들을 개발하여 의료 분야에 적용하고 있다<그림 2>.



Google도 모기업인 알파벳(Alphabet)을 통해 다양한 자회사를 설립하며 헬스케어 빅데이터에 투자를 하고 있다. 대표적인 회사들이 베릴리(Verily), 캘리코(Calico), 딥마인드(DeepMind)이다. 베릴리는 베이스라인 프로젝트²⁾를 통해 건강한 사람의 데이터를 질환 분석에 사용하고자 시도하고 있으며, 캘리코는 다국적 제약회사 애브비(Abbvie)와 함께 노화의 원인을 찾는 연구를 진행하고 있다. 알파고로 유명한 딥마인드(DeepMind)는 영국 보건청인 NHS와 함께 Streams라는 앱을 개발하여 급성신장질환 환자를 치료에 사용하고 있으며, 인공지능 기술로 헬스케어 빅데이터를 분석하고 있다.

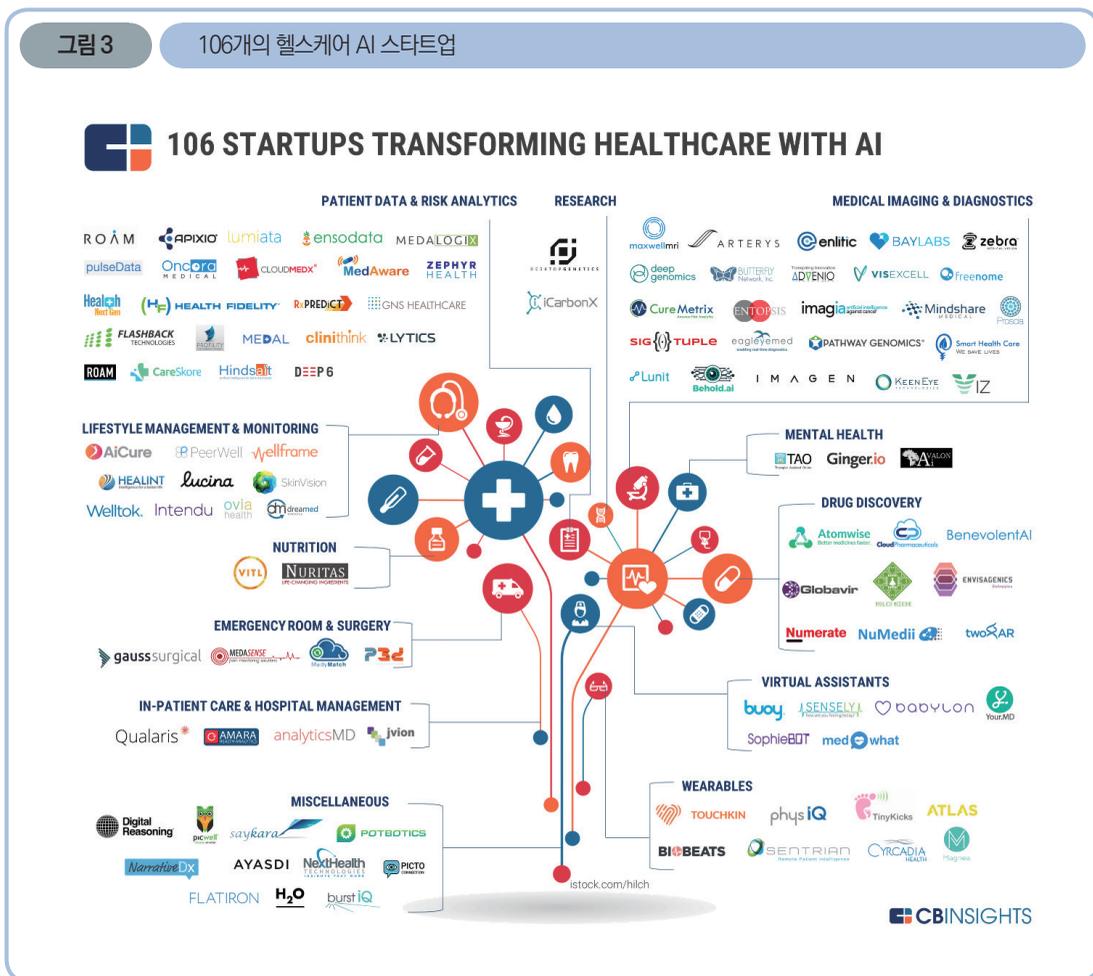
IBM, Google 외에도 애플(Apple)은 병원이 가지고 있는 환자 의료 정보 수집을 위한 헬스킷(HealthKit)을 출시해 미국의 대표적인 EMR 업체들과 함께 병원의 의료정보를 헬스킷과 연동하여 개인이 관리할 수 있도록 하고 있다. 또한 스마트폰에 탑재된 다양한 센서들로 각종 의학 연구에 활용될 수 있는 데이터를 측정하고, 임상시험에 참여를 지원할 수 있는 리서치킷(ResearchKit)을 개발하여 아이폰 사용자들을 잠재적 임상연구 참여자로 흡수시키고 있다. 그리고 개인 건강 관리를 위한 케어킷(CareKit)을 개발하여 환자, 가족, 간병인, 의사, 간호사 등이 치료계획을 공유하고 복약 상황 등을 모니터링을 할 수 있도록 지원하고 있다. 즉, 헬스케어와 관련된 모든 데이터를 애플의 플랫폼에 수집할 수 있도록 차근차근 준비해 나가고 있는 중이다.

이러한 대기업 외에도 전세계적으로 헬스케어 빅데이터 관련 스타트업들도 활발히 창업되고 있다. 2017년 2월 CBInsight에서 선정한 106개의 스타트업 업체들의 분포를 보면(〈그림 3〉) 의료영상 분석 분야를 비롯한 다양한 영역에서 활발히 사업화가 진행되는 것을 확인할 수 있다.

2) <https://verily.com/projects/precision-medicine/baseline-study/>

그림 3

106개의 헬스케어 AI 스타트업

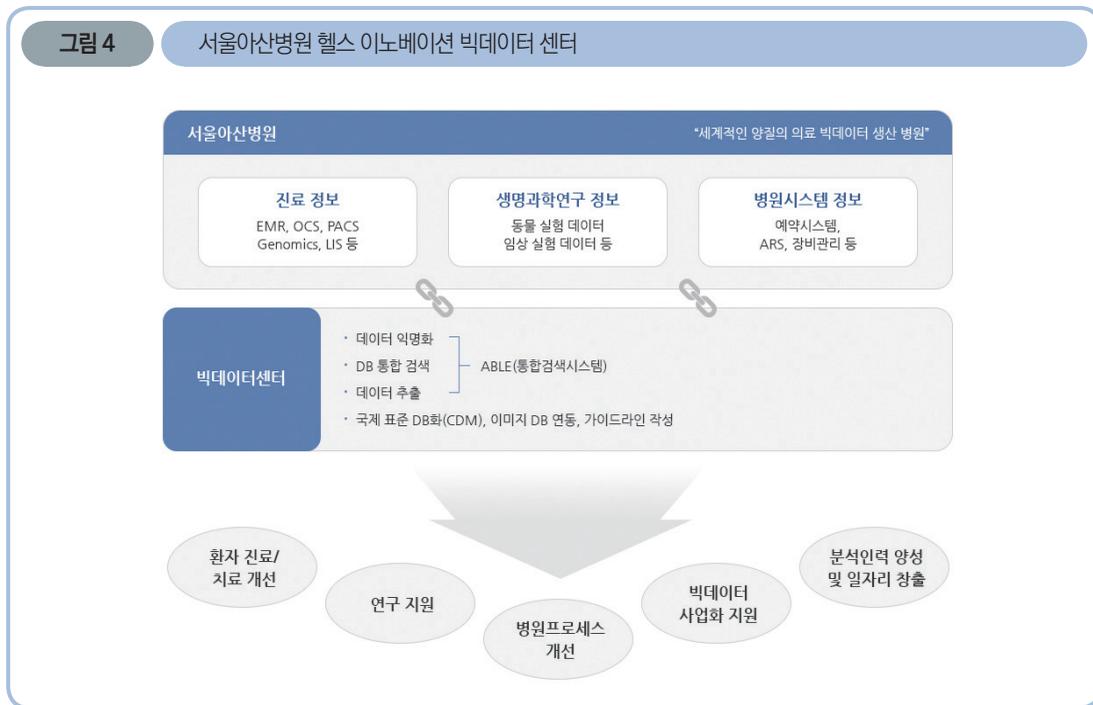


2.1.2 국내 사례

국내에서도 헬스케어 빅데이터 분야에 대한 연구 개발 및 투자가 다각도로 진행되고 있다. 하지만, 외국과 다른 점은 대부분 의료기관이 주도하고 있다는 것이다. 가천 길병원의 경우 2016년 12월 국내 최초로 IBM Watson for Oncology를 도입하여, 1년 동안 총 557명의 환자를 왓슨으로 진단하고 암환자 진료에 사용하고 있다. 2017년 1월에는 부산대병원도 Watson for Oncology와 Watson for Genomics를 도입하였으며, 건양대학교병원, 계명대학교 동산병원, 대구카톨릭대병원, 중앙보훈병원, 전남대학교병원, 조선대학교병원

등도 도입을 하였거나 도입 계획을 발표하였다. 그리고 2017년 10월에는 Watson for Oncology를 도입한 6개 병원(가천 길병원, 부산대병원, 대구 카톨릭병원, 동산병원, 건양대병원, 조선대병원)이 인공지능 헬스케어 컨소시엄을 구성하기도 하였다.

서울아산병원은 헬스 이노베이션 빅데이터 센터³⁾를 설립하여 서울아산병원이 가지고 있는 대량의 의료정보를 이용하여 빅데이터 연구를 지원하고 있다. 또한 2017년 1월 마이크로소프트와 의료 빅데이터 분석 경진대회를 개최하기도 하였고, 2018년에도 유사한 대회를 준비하고 있다.



3) <http://bigdata.amc.seoul.kr>

서울대학교병원은 자회사인 이지케어텍과 BI전문회사인 플랜잇파트너스와 H2Square라는 조인트벤처를 설립하여 헬스케어 빅데이터 분석 사업을 시작하였고, 세브란스 의료원은 다양한 국내IT기업과 협약을 하여 빅데이터 기반 의료AI를 개발하고 있다. 고려대학교병원은 2017년 국가 전략 프로젝트 중 하나인 정밀의료 프로젝트를 수주하여 병원 차원에서 빅데이터 기반의 정밀의료 구현을 위해 노력을 하고 있다.

의료기관의 적극적인 투자와는 달리, 국내 대기업들은 상대적으로 미온적인 태도를 보이고 있다. 이는 정부에서 의료비용을 통제하는 국내 의료환경의 특성상, 기업이 가격을 결정하지 못하기 때문에 이익창출이 어렵다는 판단이 있기 때문으로 보인다.

이런 상황에서도 다양한 스타트업들이 등장하고 있다. 뷰노(Vuno)코리아는 딥러닝을 X-ray, CT, MRI 및 생체신호의 분석에 적용하여 폐질환, 심혈관질환, 뇌동맥류 및 골연령 진단 보조 등에 활용하고 있으며 상용 제품을 준비하고 있다. 루닛(Lunit)도 딥러닝으로 흉부 X-ray와 유방촬영술(Mammography) 영상을 감별 진단하여 육안으로 판독하기 어려운 부분의 종양 위치, 크기, 종양 내 변형 세포 및 특이조직을 검출하고 있다. 특히 루닛은 <그림 3>에 소개된 106개의 스타트업 중 국내 유일의 스타트업이기도 하다. 이런 영상 기반 회사 외에도 스탠다임(Standigm)은 빅데이터 기반 신약개발 머신러닝 기술을 개발하고 있으며, 디오텍(Diotek)은 딥러닝 기술과 음성인식기술을 활용하여 의사의 진료 시 자동으로 진료 기록지를 생성하는 제품을 개발 중이다. 이 외에도 아주 다양한 스타트업들이 헬스케어 빅데이터를 수집하고 분석하고 있는 중이다.

또한, 주목할 만한 점은 의료기기 승인을 받은 제품이 올해부터 등장할 것이라는 것이다. 엑스레이 이미지에 기반한 골연령 진단 보조 기기(뷰노), 흉부 엑스레이 이미지 영상으로 폐결절 진단 기능(루닛), 뇌경색 MR 영상 진단 보조 기기(제이엘케이인스펙션), 관상동맥 CT 영상을 기반으로 심근협착 평가(실리콘사피엔스) 등은 의료기기 승인을 받기 위한 임상시험을 진행하고 있다. 전세계적으로 의료기기 승인을 받은 빅데이터 기반 의료기기가 극소수에 불과한 상황에서 이는 국내의 스타트업들이 해외의 경쟁 회사들 보다 한걸음 앞서나가고 있다는 점을 시사한다.

03 | 헬스케어 빅데이터 R&D

3.1 헬스케어 빅데이터의 정의

앞에서 헬스케어 빅데이터 전망 및 현황에 살펴본 바와 같이, 엄밀하게 헬스케어 빅데이터에 대한 정의를 되짚어 볼 필요가 있다. 국내의 경우 헬스케어 빅데이터라고 하면 병원이 가지고 있는 데이터를 생각하거나, 건강보험심사평가원이 가지고 있는 보험청구 데이터만을 생각하는 경향이 대부분이다. 하지만 헬스케어 빅데이터는 위와 같이 병원에서 진료 혹은 보험 청구에서 생성되는 데이터 외에도 아주 많은 데이터들을 포함하고 있다. 예를 들어, 미국 NIH(National Institute of Health)에서 지원하는 BD2K(Big Data to Knowledge) 사업에서는 아래와 같이 헬스케어 빅데이터를 정의하고 있다.

“Biomedical Big Data is more than just very large data or a large number of data sources. ... Biomedical Big Data is diverse and complex. It includes imaging, phenotypic, molecular, exposure, health, behavioral, and many other types of data.” [8]

바이오메디컬 빅데이터는 단순히 방대한 양의 데이터와 데이터 소스를 의미하는 것은 아니다. (중략) 바이오메디컬 빅데이터는 다양하고 복잡하며 이미지, 생물의 표현형, 환경 노출, 건강, 행동 등 다양한 데이터를 포함한다

즉, 단순히 많은 데이터를 수집하는 것이 아니라, 개인의 건강과 관련된 다양한 데이터, 예를 들어 유전체부터, 환경, 생활 습관 까지를 전부 포함하는 다양하고 복잡한 데이터라고 언급하고 있다. 또한 미국 의학회(National Academy of Medicine) 회장인 Victor Joseph Dzau는 아래와 같이 언급하고 있다.

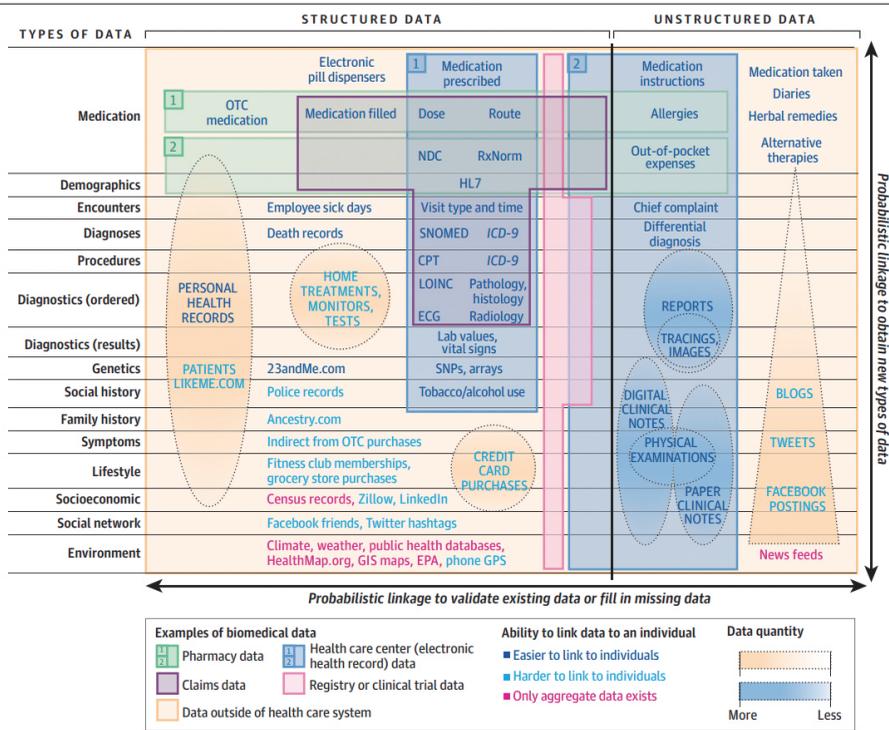
“big data is “really about everything around the individual” including social interactions and activities, and not just electronic health records. ... not the collection of this vast amount of data” [9]

빅데이터는 단순히 전자 건강기록이 아니라 사회적 관계, 활동 등을 포함한 개인의 모든 정보를 포함한다.

이 두 정의들을 보면, 개인의 건강과 관련된 모든 데이터가 헬스케어 빅데이터임을 강조하는 것을 확인할 수 있다. 조금 더 자세히 헬스케어 빅데이터의 종류를 살펴보면 <그림5>와 같이 병원의 진료 정보를 시작으로 하여, 유전체, 가족 관계, 생활 습관, 친구 관계, 환경 등 모든 정보들을 헬스케어 빅데이터로 정리하고 있다[10]. 한 가지 재미있는 사례는 카드 영수증(Credit Card Purchases)으로, 마트에서 구매한 식료품 영수증만으로 그 가족의 비만 정도나 당뇨병 연관성을 예측할 수 있다. 페이스북 게시글도 이와 유사한 기능을 가지고 있으며, 실제로 페이스북은 사용자가 올린 글을 보고 자살을 예측하는 기술을 개발하기도 하였다[11].

그림 5 헬스케어 빅데이터 종류

Figure. The Tapestry of Potentially High-Value Information Sources That May be Linked to an Individual for Use in Health Care



CPT indicates current procedural terminology; ECG, electrocardiography; EPA, US Environmental Protection Agency; GIS, geographic information systems; GPS, global positioning system; HL7, Health Level 7 coding standard; ICD-9, Institutional Classification of Diseases, Ninth Revision; LOINC, Logical Observation Identifiers Names and Codes; NDC, National Drug Code; OTC, over-the-counter; SNOMED, Systematized Nomenclature of Medicine; SNP, single-nucleotide polymorphism.

출처: Weber G.M et.al(2014)

3.2 외국의 지원현황

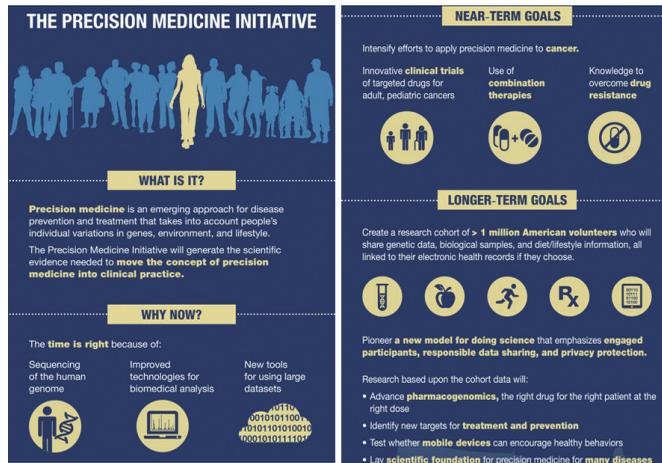
3.2.1 외국의 지원현황

3.2.1.1 미국

미국은 2012년 발표한 “Big Data Initiative” 계획을 통해 빅데이터 R&D에 2억 달러의 투자와 함께 본격적인 빅데이터 활용 방안을 모색하기 시작했고, 헬스케어 분야를 위해 미국 국립 보건원(National Institute of Health, NIH) 산하에 13개의 NIH BD2K (NIH Big Data to Knowledge)⁴⁾ 센터를 설립하여 지원을 하고 있다. 이와 더불어 헬스케어 빅데이터 R&D를 위해 2015년 1월 백악관 명의로 ‘Precision Medicine Initiative’⁵⁾를 발표하면서 헬스케어 빅데이터의 적극적인 활용을 표명하고, 2016년 기준으로 2억1천500만 달러를 투자하기로 하였다. <그림 6>은 Precision Medicine Initiative의 대표적인 과제인 1.3억 달러 규모의 “All of Us” 프로그램으로 백만명의 개인 건강과 관련된 모든 데이터를 심층적으로 수집하고자 의무기록부터 유전체 정보, 체내와 피부의 미생물, 환경 및 생활양식에 관한 데이터, 환자가 생성한 정보(환자나 그 가족이 만들거나 기록하거나 수집한 건강 관련 정보) 등이 전부 수집 대상임을 알 수 있다.

그림 6

미국 정밀의료발전계획



4) <http://bd2k.nih.gov>

5) <http://www.nih.gov/precisionmedicine/>

3.2.1.2 영국

영국도 보건의료 문제를 해결하기 위해 빅데이터 활용에 주목하고, 보건의료 빅데이터 전담 기구인 HSCIC(Health & Social Care Information Centre)를 2013년 설립하였다. 현재 HSCIC는 NHS Digital로 이름이 변경되어 영국 보건청(NHS)의 진료데이터와 공중보건사회보장 데이터를 수집/저장/분석하여 데이터를 공개하고 있으며, 이를 활용한 다양한 보건의료서비스 개발을 지원하고 있다. 특히, 정보공개 대상범위, 익명화 수준 등에 대한 가이드라인 마련 등 정보보호 체계를 구축함으로써 개인정보보호와 공공데이터의 공익적 활용이라는 두 가지 가치를 균형 있게 추구하고 있다.

이 외에도 2012년 정부 주도의 총 예산 3억 파운드의 10만명 게놈 프로젝트⁶⁾는 NHS에 등록된 환자 10만명의 유전체 정보를 수집하고, 해당 정보를 개인 의료정보와 결합하여 암과 희귀질환에 관한 맞춤치료를 개발하고자 진행하고 있다. 특히 해당 결과를 상업적으로도 활용하기 위해 Genomics England라는 국영기업을 설립하였다.

3.2.2 국내 지원현황

한국 정부도 2011년부터 지속적으로 헬스케어 빅데이터 활용 지원을 위한 정책을 발표하고 있다. 국가정보화전략위원회의 '빅데이터를 활용한 스마트정부 구현(안)'(2011) 중 빅데이터 활용을 통한 '과학기술·의료' 선진화 계획을 시작으로, 관계부처합동으로 발표한 '빅데이터 마스터플랜'(2012)을 통해 '의료데이터 분석을 통한 국민 건강증진' 계획을 공표하였으며, 경제관계장관회의에서 발표한 '창조경제 및 정부3.0 지원을 위한 빅데이터 산업 발전전략'(2013)에서는 의료·건강 분야를 6대 분야 중 하나로 명시하였다. 이러한 정부의 강력한 정책적 지원아래 정부 3.0 정책의 일환으로 헬스케어 빅데이터가 많이 공개되었다. 대표적인 것이 국민건강보험공단에서 발표한 표본코호트DB와 건강보험심사평가원에서 발표한 보건의료 빅데이터 개방시스템⁷⁾ 등이다[13].

6) <http://www.genomicsengland.co.uk/>

7) <http://opendata.hira.or.kr/>

이후, 2017년 국가전략프로젝트로 정밀의료사업이 선정되었고, 현재 고려대학교병원 컨소시엄이 해당 사업을 진행하고 있다. 또한, 보건복지부에서는 2017년에 빅데이터 TF를 구성하여 1년동안의 준비작업을 거쳐 2018년 빅데이터 플랫폼 시범 사업 추진계획을 발표하였다[14]. 보건복지부는 1) 보건의료 빅데이터는 공공적 목적으로 활용 2) 시민참여, 전문성에 기반한 논의구조 구축, 3) 현행 법령에 근거한 개인정보의 철저한 보호라는 3대 추진원칙을 세우고 보건의료 빅데이터 시범사업을 추진할 계획이다.

또한 사업의 활성화를 위한 보건의료 빅데이터 특별법도 추진 중에 있다. 이 특별법은 개인정보 보호법의 모호성을 해결하여 보건의료 속성, 데이터 활용 의학연구의 중요성 등을 고려한 보건의료 분야 정보를 목적으로 하고 있으며 1) 정보소유자(본인)의 권리 보호, 2) 적절한 보안조치, 악의적 이용에 대한 대책, 3) 활발한 정보 연계 및 보호를 위한 정책 강화 방안, 4) 보건의료 빅데이터 보유 기관 간 연계시 정보보호 의무 등을 검토하고 있다.

식품의약품안전처에서는 빅데이터를 이용한 인공지능 의료기기에 대한 의료기기 허가에 대한 기준을 명확히 하고자 ‘빅데이터 및 인공지능(AI) 기술이 적용된 의료기기의 허가·심사 가이드라인’(2017.11)⁸⁾과 ‘인공지능(AI) 기반 의료기기 임상 유효성 평가 가이드라인’(2017.12)⁹⁾을 발표하였다.

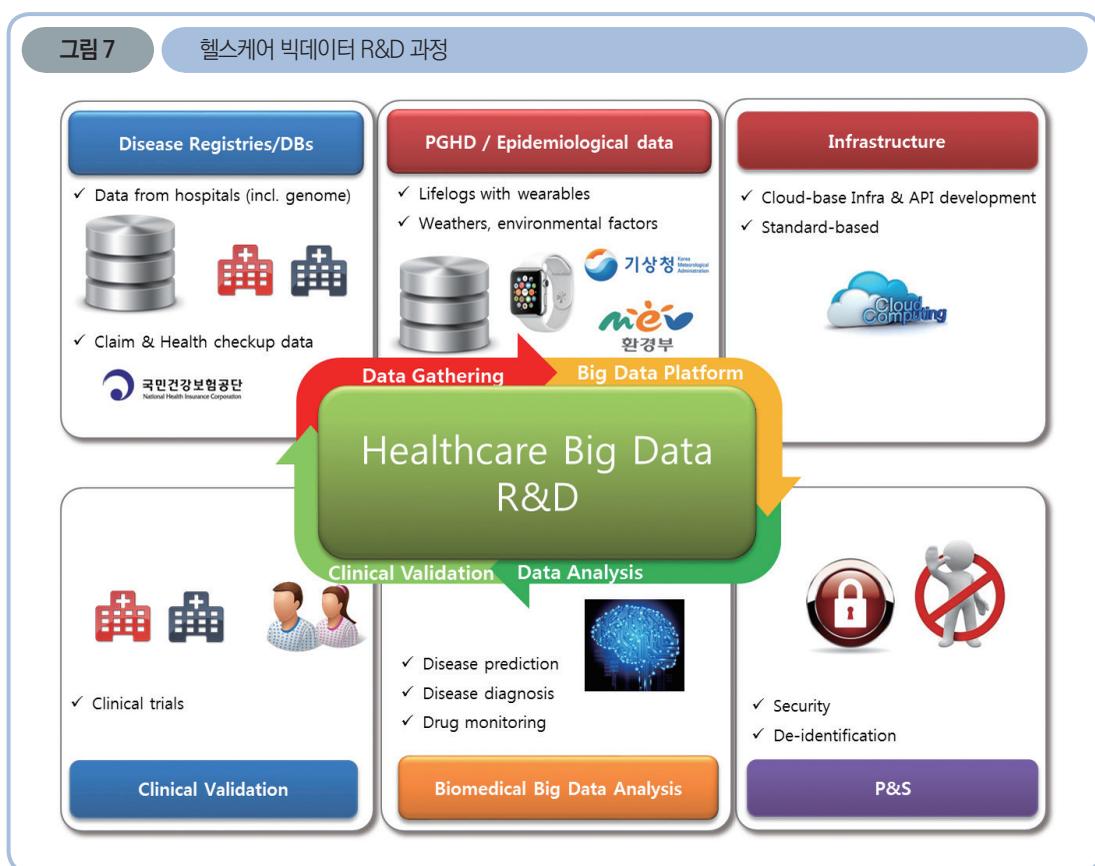
3.3 헬스케어 빅데이터 R&D 프로세스

앞에서 소개한 바와 같이 각국 정부차원에서 헬스케어 빅데이터 R&D에 대한 지원이 진행되고 있다. 하지만 많은 연구자 혹은 기업체에서는 딥러닝의 성과에 편승하여 데이터 분석에만 초점을 두고 헬스케어 빅데이터 R&D를 시작하는 경향이 강하다. 실제로, 딥러닝을 통해 의료진 진단의 정확도를 높이는 사례는 많이 등장하고 있다. 대표적인 것이 2016년 말 미국의학회지에 발표된 당뇨성 망막변병증 진단[15], Google이

8) <http://www.mfds.go.kr/index.do?mid=1769&seq=13523>

9) <http://www.mfds.go.kr/index.do?mid=1769&seq=13613>

2017년 초에 네이처에 발표한 피부암진단[16], 2017년 12월에 미국의학회지에 발표된 유방암 진단[17]과 당뇨에 기인한 안과질환 진단[18] 등이 있다. 최근에 발표된 이러한 논문들을 보면 이미 진료현장에서 실용화 가능할 것으로 예측된다. 또한 기업체들은 이런 사례들을 활용한 솔루션 및 클라우드 플랫폼을 개발하고 이를 홍보하고 있다. 하지만 헬스케어 빅데이터 영역은 딥러닝만을 포함하지 않는다. 딥러닝을 포함한 헬스케어 빅데이터 활용을 위한 전체 R&D과정은 <그림 7>과 같다.



헬스케어 빅데이터 R&D는 크게 데이터 수집, 빅데이터 플랫폼, 데이터 분석, 임상적 유효성 확인의 4단계로 구성된다고 할 수 있다. **데이터 수집 단계**는 개인의 건강과 관련된 모든 데이터를 수집하는 과정이다. 예를 들어, 병원에서는 환자를 진료하는 과정에서 생성된 의료정보를 수집하고, 유전체 데이터는 의료기관

및 유전체 분석기관, 연구소 등에서 수집할 수 있다. 또한 국민건강보험공단 등이 가지고 있는 건강검진 데이터, 국민건강보험공단과 건강보험심사평가원이 가지고 있는 보험 청구 데이터 등을 수집한다. 다음 단계로는 개인의 일상생활 데이터와 역학 데이터를 수집한다. 일상생활 데이터는 헬스 웨어러블 기기 등을 통해서 얻을 수 있고, 환경 데이터는 기상청 또는 환경부에서 제공하는 데이터를 획득할 수 있다. 여기에 추가적으로 설문조사 등을 통해서 부족한 데이터를 보강할 수 있다. 이 과정은 실제로 헬스케어 빅데이터 R&D에서 가장 기본이 되고 중요한 과정인데, 많은 사람들이 간과하고 있는 부분이다. 정확한 데이터가 수집되지 않으면 Garbage-in Garbage-out이라는 결과를 얻을 수 밖에 없다.

이렇게 데이터 수집이 완료되면, 통합된 데이터를 저장하고 관리하기 위한 **빅데이터 플랫폼**이 필요하다. 당연히 방대한 양의 데이터를 효율적으로 처리하기 위해서 클라우드를 활용하는 것이 필수이다. 다행히 한국도 의료법이 개정되어 의료정보를 클라우드에 저장하는 것이 가능해졌다[19]. 클라우드 상에 플랫폼을 구축하면 해당 데이터를 분석하는 **데이터 분석 단계**가 필요하다. 데이터 분석은 여러 가지 세부 주제로 구분될 수 있으나, 크게 질환 예측/진단, 질환 예후 예측, 신약 개발 및 약물 모니터링 등으로 나눌 수 있다. 이 분야가 최근 유행하는 딥러닝 등이 활발하게 적용되는 분야이다. 그런데, 데이터 수집 및 분석과 플랫폼 구축에서는 민감한 정보인 건강 정보를 취급하기 때문에 개인정보 보호와 보안에 각별히 신경을 써야 한다. 기업체라면 정보 보호와 관련된 관련 인증 등을 사전에 획득하는 것이 필요하다. 예를 들어 미국의 대표적인 클라우드 서비스인 아마존 AWS, 마이크로소프트의 Azure, Google 클라우드 등은 이미 미국 HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act)의 인증을 획득한 상황이다[19].

마지막으로 헬스케어 빅데이터 솔루션을 만들었다면 반드시 **임상 유효성 검증**을 진행하여야 한다. 이는 의료영역의 특수성 때문으로 반드시 임상적 유효성과 환자에 위해가 가는지 안전성을 검증을 받아야 제품 판매가 가능하기 때문이다.

04' 헬스케어 빅데이터의 활용 선결조건

앞 장에서 헬스케어 빅데이터 R&D 과정에 대해서 간략히 설명을 하였다. 본 장에서는 일반적으로 간과하고 있는 표준 적용, 비식별화, 제품 승인과 관련된 부분에 대해서 상세히 설명하고자 한다.

4.1 데이터 통합을 위한 표준 적용

데이터 수집 단계에서는 여러 의료기관에 흩어져 있는 개인의 의료 정보를 통합해야 하고, 보험심사평가원에 있는 보험청구 데이터, 환경청, 기상청이 제공하는 환경 및 기후 데이터, 웨어러블 장비에서 수집되는 활동량 데이터, 혈당계, 혈압계, 체온계 등을 통해 측정되는 자가 측정 건강 데이터 등도 수집해야 한다. 이렇듯 다양하고 방대한 데이터들을 통합하기 위해서는 해당 데이터들을 공통된 기준에 의해서 정리하는 것이 필수적이다. 이를 위해서 사용되는 공통 기준이 표준(Standard)이다. 국내의 경우 헬스케어 데이터 표준 도입이 아주 미미한 상황이나, 최근 빅데이터가 각광받으면서 헬스케어 데이터 표준에 대한 관심이 증가하고 있고 있는 것이 고무적이다. 또한 표준 도입을 장려하기 위해서 보건복지부에서 표준에 기반한 진료정보교류 사업도 추진하고 있는 중이다.

국제적으로 헬스케어 표준은 아주 다양하게 개발되어 있는 상황이다. 예를 들어 국제 표준화 기구(ISO)의 TC215¹⁰⁾에서는 2017년 12월 기준으로 이미 180개의 표준이 발표되어 있으며, 미국의 표준개발기구인 HL7¹¹⁾에서는 이보다 훨씬 많은 표준들이 발표되어 있는 상황이다. 보다 구체적인 표준은 다음과 같다[20].

10) <https://www.iso.org/committee/54960.html>

11) <http://www.hl7.org>

의료기관들이 가지고 있는 의료정보를 통합하기 위해서는 여러 표준들 중에서 미국 정밀의료계획(PMI)에서 도입하기로 결정한 HL7 FHIR(Fast Healthcare Interoperability Resources)¹²⁾를 사용하는 것이 가장 좋은 선택이다. FHIR 표준은 최근 활발히 사용되고 있는 웹프로그래밍 기법을 이용하여 모든 표준들이 JSON 및 XML로 제공되기 때문에 철저히 개발자 편의를 목적으로 만들어지고 있는 신규 표준(안)이다. 데이터 표준의 가장 기본이 되는 용어 표준 체계로는 SNOMED-CT¹³⁾가 있다. 국내의 경우 한국의료표준용어(KOSTOM)¹⁴⁾이 고시되어 있으나, 해당 용어체계는 실제 의료 현장에서 사용하고 있는 용어를 제대로 반영하지 못하다는 한계가 있다. 하지만, SNOMED-CT는 세계보건기구(WHO)에서 제작해 전세계적으로 통용되고 있는 질병분류체계인 ICD(International Classification of Disease)의 신규 버전인 ICD-11의 기본 바탕으로 제작되어 있어 궁극적으로 한국에서도 도입되리라 예상된다.

약품과 관련하여 국내에서는 KCD(Korea Drug Code)와 심평원의 EDI가 있으나, 유럽 식약처(EMA)에서 개발하고 있는 IDMP(Identification of Medicinal Products)가 국제적으로 통용될 예정이기 때문에 국내에서도 IDMP를 기준으로 재정리하는 것이 필요하다.

웨어러블 장비의 경우 현재까지 발표된 국제표준은 없으나, 표준의 필요성을 절감하여 기업체들이 연합하여 만든 OCF(Open Connectivity Foundation)에서 헬스케어 웨어러블을 위한 단체 표준을 발표하였고, 이에 발맞춰 표준개발 기구 중 하나인 IEC(International Electrotechnical Commission)에서 최근 기술 위원회(TC) 124를 설립하여 웨어러블 장비에 대한 표준을 개발하기 시작하고 있다. 기타 다른 정보들은 기존의 역학연구에서 사용하던 표준 양식을 사용한다면 손쉽게 정리할 수 있을 것이며, 대표적인 사례가 미국 질병관리본부에서 발표된 ‘Data Set Directory of Social Determinants of Health at the Local Level’¹⁵⁾ 등이 있다. 이러한 다양한 표준들을 도입해야지만 데이터들을 제대로 정리될 수 있고, 이후 분석 과정에서도 활용할 수 있다.

12) <https://www.hl7.org/fhir/>

13) <https://www.snomed.org/snomed-ct/>

14) <https://www.hins.or.kr>

15) https://www.cdc.gov/dhbsp/docs/data_set_directory.pdf

4.2 개인정보 보호를 위한 비식별화

한국의 경우 건강정보는 개인정보 보호법에 의해 민감정보로 분류되어 있어, 일반적인 정보보다 더 철저한 정보보호가 필요하나, 현행법 상 학술 연구 및 통계 작성을 위해서는 개인을 식별할 수 없는 형태로 가공하여 사용할 수 있도록 되어 있다. 특히 빅데이터 시대에서는 개인들에게 일일이 사용에 관한 명시적인 동의를 받는 것이 현실적으로 불가능하기 때문에 비식별화를 하는 것이 가장 합리적인 선택이다.

현재 국내법의 한계로 인해 법적인 근거가 미약하나마 국무조정실 주도로 관련부처들이 공동으로 개발한 ‘개인정보 비식별 조치 가이드라인’을 기준으로 비식별화를 하는 것이 현실적인 방법이다[21]. 하지만, 해당 가이드라인은 헬스케어 데이터뿐만 아니라, 금융, 통신, 전자상거래 등 개인정보에 해당하는 모든 데이터를 비식별화하는 방법을 제시하고 있어, 다른 데이터들과 상이한 특성을 가지고 있는 헬스케어 데이터에는 적합하지 않다. 예를 들어, 금융이나 전자상거래 데이터들은 데이터가 많아지더라도 데이터의 항목은 증가하지 않고 동일한 항목의 데이터가 반복되는 특성을 보이나, 의료 데이터의 경우 데이터가 많아지면 항목(신규 검사가 추가됨)도 같이 증가하는 경향을 보인다. 따라서 가이드라인에서 요구하는 k-익명성¹⁾을 지키는 것이 불가능해 진다. 가장 단적인 예로 의료영상의 경우 동일한 환자라도 다른 날짜에 촬영한 영상은 서로 다르게 되는데, 서로 다른 환자의 영상을 동일하게 만드는 것은 기술적으로 불가능하다[22].

따라서, 헬스케어 데이터의 경우 최대한 가이드라인을 지키려 노력해야 하지만 충족시키는 것은 현실적으로 어려워 이런 데이터들을 활용해야 하는 경우에는 Risk-based analysis 기법을 사용해서 재식별성의 위험도를 계산하는 것이 적절하다고 할 수 있다[23].

i) (편집자) 특정인임을 추론할 수 있는지 여부를 검토, 일정 확률수준 이상 비식별 되도록 하는 것을 의미(출처: 개인정보 비식별 조치 가이드라인)

4.3 제품화를 위한 임상시험

마지막으로 헬스케어 빅데이터 R&D를 통해 신규 제품을 개발한 경우에는 의료기기 승인을 받아야 한다. 다른 산업군에서는 개발된 제품을 시장에 바로 출시할 수 있으나, 의료 제품의 경우에는 해당 제품을 사용하는 환자들에게 위험이 있는지를 임상시험(Clinical trial)을 통해서 반드시 검증 받은 후 식품의약품안전처의 승인을 받아야만 한다. 다만 빅데이터를 사용하는 경우에는 기존의 전통적인 신약 임상시험과 상이해 식품의약품안전처에서 “빅데이터 및 인공지능(AI) 기술이 적용된 의료기기의 허가·심사 가이드라인”과 “인공지능(AI) 기반 의료기기 임상 유효성 평가 가이드라인”을 발표했다. 먼저, “빅데이터 및 인공지능(AI) 기술이 적용된 의료기기의 허가·심사 가이드라인”에서는 “의료용 빅데이터를 분석하여 질병을 진단 또는 예측하는 독립형 소프트웨어 형태의 의료기기로 기계학습 기반의 인공지능 기술이 적용된 의료기기에 적용”에 해당되는 의료기기를 대상으로 하고 있다. 본 가이드라인에 의하면 IBM Watson은 의료기기에 해당하지 않는다고 명시되어 있다. 의료기기에 해당하는지의 여부는 의료기기법 따라 1) 소프트웨어가 의도한 대로 작동하지 않아 환자에게 위해 끼칠 가능성, 2) 소프트웨어가 의료인의 임상적 판단을 보장여부로 결정된다. 그리고 “인공지능(AI) 기반 의료기기 임상 유효성 평가 가이드라인”에서는 보다 구체적으로 인공지능 기반 의료기기가 임상 시험을 어떻게 진행하는지 제시하고 있다. 이 가이드라인에서는 인공지능이 빅데이터를 이용한다는 특징을 고려하여 후향적 임상시험, 즉 기존의 데이터들을 수집하여 임상 유효성 평가하는 것을 허용하고 있다.

의료기기 승인을 받더라도 명심해야 하는 것은 개인용 건강관리(Wellness) 기기가 아니라 병원에서 의료진이 사용하는 기기를 만드는 경우 반드시 보험 수가를 인정받아야 한다는 것이다. 국민건강보험에서 보호하지 않는 비보험의 경우에도 심사평가원이 인정을 해야지만 사용할 수 있다. 이러한 복잡한 규제 사항을 파악하기 위해서는 반드시 규제 전문가와의 협력이 필요하다.

05' 결론

헬스케어 산업은 인구가 지속적으로 증가하고, 선진국들은 고령화 사회로 진입하면서 앞으로 그 가치가 더 높아질 것으로 예상되는 영역이다. 특히 딥러닝의 비약적인 발전으로 인하여 헬스케어 데이터의 분석도 용이해져 다양한 기업체들이 제품을 개발하고 있으며 또한 세계 각국에서도 적극적으로 지원을 하고 있는 중이다.

하지만 반드시 명심해야 하는 것은 헬스케어 빅데이터 활용은 단순히 IT 기술을 의료 영역에 적용하는 것이 아니라는 것이다. 모든 건강 관련 데이터는 전통적인 HT(Health Technology) 기술로 데이터가 생성되고, 병원정보시스템, 헬스케어 웨어러블, 공공 데이터베이스의 Open API 등과 같은 IT 기술 및 유전체 분석, 생물학 연구와 같은 BT 기술을 기반으로 획득되고, 다시 클라우드 플랫폼, 인공지능과 같은 IT 기술로 분석이 된 다음에 HT 기술을 이용해 환자에게 적용이 된다. 즉, 헬스케어 빅데이터는 IT, BT, HT가 융합한 분야라는 것을 알 수 있으며, 단순히 IT기술의 의료 적용으로 접근하면 안되고 다양한 당사자들과의 협력이 필수적이다. 인공지능 및 IT전문가뿐만 아니라 도메인 전문가인 의료진과의 융합연구는 기본이며, 또한 민감하면서도 자칫 낙인효과ⁱⁱ⁾를 가지고 올 수 있는 개인정보인 건강정보를 취급하고 있기 때문에 이에 대한 적절한 처리를 위하여 개인정보 보호 전문가, 법 및 의료윤리 전문가와의 협력도 필요하다. 또한, 의료산업은 대표적인 규제산업이기 때문에 규제전문가도 필요하다. 즉, 성공적인 R&D를 위해서는 아주 다양한 영역의 전문가들이 힘을 합쳐야만 한다.

마지막으로, 헬스케어 산업은 사람의 건강을 다루는 분야이기 때문에 대표적인 규제 산업 중 하나이고, 반드시 규제가 필요한 산업이다. 하지만 현재 국내의 정책은 새로운 기술의 발전에 따른 신규 산업을 양성하는 것보다 기존 산업을 보호하는 형태로 규제가 만들어져 있다. 예를 들어 IT기술이 결합한 스마트 의료기기인

ii) (편집자) 스티그마(Stigma)효과라고도 하며, 특정인에 대한 나쁜 이미지가 형성되면 당사자에부대한 부정적인 인식이 지속되는 현상을 의미

경우 IT 장비로서의 인증도 받아야 하며, 의료기기 인증도 별도로 받아야 하는데, 이 과정에서 중복되는 인증이 아주 많다. 이런 경우에 반드시 필요한 규제들만 선별해서 중복규제는 합리적으로 제거하는 방향으로 정부 정책이 변경되어야 한다. 또한 건강정보를 활용하고자 할 때 개인정보 보호법이 과도하게 사업개발을 방해하는 요소가 많이 있고, 비식별화의 경우도 법적인 뒷받침이 되어 있지 않아 기업들이 적용하기 어렵다. 따라서 기존 규제들을 합리적으로 재정비하고 나아가 신산업 육성을 위해 금지되어야 하는 항목들만을 규제하는 네거티브 규제 방식으로 변화하는 것이 필요하다.



학력

서울대학교 인공지능 박사
서울대학교 인공지능 석사
서울대학교 컴퓨터공학 학사

Soo Yong Shin

경력

現) 경희대학교 컴퓨터공학과 조교수
前) 서울 아산병원 연구조교수
前) 삼성 SDS 수석연구원

참고문헌

1. 보건산업진흥원, “2015년 보건의료정보화 현황조사,” p. 20. (<http://www.khidi.or.kr/board/view?linkId=210625&menuId=MENU00511>)
2. National Electronic Health Records Survey: 2015 State and National Electronic Health Record Adoption Summary Table, https://www.cdc.gov/nchs/data/ahcd/nehrs/2015_nehrs_web_table.pdf
3. Park, Y. R. & Shin, S.-Y. Status and Direction of Healthcare Data in Korea for Artificial Intelligence, Hanyang Med Rev. 2018 (in print)
4. Mckinsey, Game changers: Five opportunities for US growth and renewal, 2013, <https://www.mckinsey.com/global-themes/americas/us-game-changers>
5. 국가기술표준원, 2016 표준기반 R&D로드맵: 스마트 헬스, 2016 http://www.kscoodi.or.kr/?module=file&act=procFileDownload&file_srl=34507&sid=712623a2961c10092c85499372555d1d
6. Markets&Markets, Healthcare Analytics/Medical Analytics Market by Type (predictive, prescriptive) Application (Clinical, RCM, Claim, Fraud, Waste, Supply Chain, PHM) Component (Service, Software) Delivery (On demand, Cloud) End User (Payer, Hospital, ACO) – Global Forecast to 2022, <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/healthcare-data-analytics-market-905.html>
7. CBInsight, From Virtual Nurses To Drug Discovery: 106 Artificial Intelligence Startups In Healthcare, <https://www.cbinsights.com/research/artificial-intelligence-startups-healthcare/>
8. NIH, What is Big Data? <https://datascience.nih.gov/bd2k/about/what>
9. Health Data Management, IOM President Says Big Data is About More Than Just EHRs, <https://www.healthdatamanagement.com/news/iom-president-says-big-data-is-about-more-than-just-ehrs>
10. Weber GM, Mandl KD, Kohane IS. Finding the missing link for big biomedical data. JAMA. 2014 Jun 25;311(24):2479-80.

11. TechCrunch, Facebook rolls out AI to detect suicidal posts before they're reported, <https://techcrunch.com/2017/11/27/facebook-ai-suicide-prevention/>
12. 신수용, 헬스케어 빅데이터 현재 동향과 이슈, 정보처리학회지, 22(4) 22-27, 2015.
13. 신수용, 국내 헬스케어 빅데이터 현황과 신규 연구 방향, 한국정보과학회지, 35(5): 16-19, 2017.
14. 보건복지부, 보건의료 빅데이터 플랫폼 시범사업 계획(안), https://www.epeople.go.kr/jsp/user/po/filterOff/forum/UPoForumView.paid?app_no_c=1AC-1712-020732&increaseCnt=ok&flag2=1i
15. Esteva, A. et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks, *Nature* 542, 115-118.
16. Vulshan, V. et al. Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs. *Jama* 316(22): 2402-2410.
17. Ehteshami Bejnordi B. et al. Diagnostic Assessment of Deep Learning Algorithms for Detection of Lymph Node Metastases in Women With Breast Cancer. *JAMA* 318(22): 2199-2210.
18. Ting DSW et al. Development and Validation of a Deep Learning System for Diabetic Retinopathy and Related Eye Diseases Using Retinal Images From Multiethnic Populations With Diabetes. *JAMA* 318(22): 2211-2223.
19. 신수용, 박유량, 헬스케어와 클라우드의 만남, 청년의사, 2017.
20. 신수용, 비정형 헬스케어 데이터 표준화, 한국통신학회지, 2017 (in print)
21. 개인정보 비식별 조치 가이드라인, <https://www.privacy.go.kr/inf/gdl/selectBoardArticle.do?nttld=7187>
22. Shin S.-Y. Issues and Solutions of Healthcare Data De-identification: the Case of South Korea, *J Korean Med Sci.* 2018 (in print)
23. El Emam, K. De-identification methods for open health data: the case of the Heritage Health Prize claims dataset. *J Med Internet Res.* 14(1):e33.

융합연구리뷰

Convergence Research Review 2018 February vol.4 no.2

<http://cipc.kist.re.kr>

02

혀를 이용한 건강진단 장치 개발 동향 및 응용 가능 방향

한국한의학연구원 한의기반연구부 김근호
(rkim70@kiom.re.kr)

01 | 한의학에서의 설진

1.1 설진의 정의

1.1.1 한의학의 사진

한의학의 기본적인 진단방법인 사진(四診)은 얼굴, 체형 혀 등을 시각적으로 관찰하는 망진(望診), 몸에서 들리는 소리나 냄새를 청각·후각으로 관찰하는 문진(聞診), 설문의 문답으로 환자의 상태를 알아보는 문진(問診), 복부를 만져보거나 손목의 맥의 특성을 확인하는 절진(切診)으로 구성되어 있다. 설진(舌診)은 망진의 하나로 혀로 신체의 이상 여부를 진단하는 한의학의 가장 중요한 진단방법 중 하나이다[1]. 혀는 눈, 코, 귀, 피부와 함께 입에 포함된 5관(官) 중 하나로 점막으로 덮인 근육기관이다. 말하거나 음식을 받아들이고, 맛을 분별하고, 타액의 분비에 관여하며, 음성을 내는 중요한 역할을 한다. 한의학에서 혀끝을 설첨(舌尖), 혀 가운데 영역을 설중(舌中), 목구멍과 가장 가까운 혀의 가장 안쪽을 설근(舌根), 혀 가장자리를 설변(舌邊), 혀 아랫바닥의 가운데 힘살을 설계대(舌系帶)라고 한다. 한의학 고전에는 설을 심(心)으로 보고 심기(心氣)는 설을 통해 발현된다고 하였다. 이에, 설진 시에는 혀의 몸체인 설질과 혀의 표면에 이끼처럼 끼어있는 설태로 나누어서 각각 관찰하고 있다.

1.1.2 설진의 원리

한의학에서 설진은 몸 내부 기관의 상태를 설질 및 설태의 색상 및 분포와 혀의 모양 및 크기를 관찰하여 진단하는데, 설체와 설태의 형태 및 색깔과 변증(辯證: 증상)과의 관련성을 <표 1~3>이 보여주고 있다[2].

원래 정상적인 혀는 연분홍색을 띤다. 흰색을 띠는 담백설(淡白舌)은 기혈 부족과 한증(寒證)과 허증(虛證)을 나타내며, 기허, 혈허, 양허의 증상을 가지고 있을 경우 담백설이 나타나며, 기허증(氣虛證)일 경우 담백설과 반대설(胖大舌)이 동반되고, 붉은 빛이 강한 경우 실열증(實熱證) 또는 허열증(虛熱證)을 나타낸다. 실열증일 경우 홍설, 얇은 황태의 박황태(薄黃苔), 황태가 나타나며, 허열증일 경우는 홍설, 무태, 망자, 열문이 관찰

된다. 청자설의 경우 한이 극도로 많은 한성어혈(寒性瘀血)의 상태에서 나타나는 반면, 오장의 한기는 백태로 나타나고, 보라색인 홍자설은 내열이 성하고 병세가 중하며 고열이나 패혈증 등에서 나타난다. 설태가 있으면 실열이고 설태가 없으면 허열이다.

표 1 색상별 설질의 변증분류

종류	특성	변증분류
담백설 (淡白舌)	담백한 상태	양기허약(陽氣虛弱), 기혈부족 또는 외감한사(外感寒邪)의 허증과 한증
담홍설 (淡紅舌)	연분홍색	정상 허
홍설 (紅舌)	선홍색	양열(陽熱)의 사기를 수반한 실열증 음액이 소모된 허열증
강설 (絳舌)	심홍색	양사(陽邪)가 표(裏)에 침입한 중증의 상태 만성병에서 음액이 소모된 허화내성(虛火內盛)
자설 (紫舌)	담자색 또는 청자색의 반점 존재	기혈어조(氣血瘀阻)하고 흐름이 불량한 상태 양허음한 내성(陽虛陰寒 內盛)

출처: 유지운(1998)

표 2 상벌 설태의 변증분류

종류	특성	변증분류
백태 (白苔)	흰색의 태	얇은 백태는 정상태 표증(表證) 한증(寒證) 허증(虛證) 습증(濕證) 온역병(溫疫病)의 초기
황태 (黃苔)	노란색의 태	이증(裏證) 열증(熱證)
회태 (灰苔)	회색의 태	양허한성(陽虛寒盛) 회백: 습사내정(濕邪內停) 회황: 습열내온(濕熱內蘊) 회흑, 건조: 열성상진(熱盛傷津)
흑태 (黑苔)	짙은 회색의 태	병사가 대단히 깊이 있음을 표시. 극증(極證)

표 3

모양별 설체의 변증분류

종류	특성	변증분류
망자 (芒刺)	헛바늘	이열(裏熱), 특히 심열(心熱)
열문 (裂紋)	설면의 균열	열성상진(熱盛傷津) 혈허(血虛: 血虛不榮)
치흔 (齒痕)	설변의 치아자국	비신양허(脾腎陽虛)
반대설 (胖大舌)	설체의 비대	양허수범(陽虛水泛) 심비열성(心脾熱盛) 중독(中毒)
수박설 (瘦薄舌)	설체 말라 얇아짐	음허(陰虛) 기혈양허(氣血兩虛)

혀의 기하학적 형태를 살펴보면 혀 표면에 균열(열문)이 있는 경우, 그 색에 따라 열사로 진액이 손상된 상태와 혈허(血虛)한 상태로 구분을 하게 되며 혀끝으로부터 가장자리에 나타난 치흔(齒痕: 이빨 자국)은 기혈양허(氣血兩虛)에서 나타나고, 비장과 신장의 양기가 부족하여 비정상적인 수습(水濕)이 정체된 상태를 반영한다[1,3]. 혀가 비정상적으로 두꺼운 반대설의 경우에는 담습(痰濕)이나 습열(濕熱)과 관련이 있고, 비허증(脾虛證)의 경우 반대설이 나타나며, 수습운화가 원활치 못해서 초래된다. 그 반대로 혀가 얇고 작아진 수박설(瘦薄舌)의 경우에는 기혈부족(氣血不足)이나 음허화왕(陰虛火旺)의 증후와 관련이 있다. 기허일 경우 설체가 정상 혹은 수박설이고, 비허일 경우 설체가 방대하고 설색이 담백이다.

그림 1

다양한 혀의 특성



1.1.3. 설진의 임상적 의의

팽청화가 쓴 망진¹⁾에는 설진과 혈액, 내장기관과의 관련성을 나타내고 있다[4]. 또한, 만성 담낭염 진단[5], 파란색과 보라색 혀와 일차성 간암과의 연관성[6], 간염 및 만성간염과도 관련성에 대한 연구도 발표되었다 [7,8]. 그 외에 흑적색의 혀와 뇌졸중과의 관련성 연구[9]를 비롯한 설하 정맥의 검사를 통한 어혈(혈어) 진단 [10], 중풍 및 당뇨[11~16], 소아허약[17], 그리고 종양과의 관련성[18]에 관한 연구도 보고된 바 있다.

그리고 기능성 소화불량 또는 만성위염과 같은 소화질환의 상태를 추정하기 위한 지표로서의 설진 연구 [19~22] 및 건강관리 측면에서 설진으로 배변장애 및 수면장애와 같은 증상 진단[23,24], 혀의 특성으로 류마티스성 관절염 분류[25,26], 사구체신염을 설태의 두께로 구분한 논문[27]도 발표되었다.

i) (편집자) 중국 호남중의대 교수인 팽청화교수가 동서양의 망진(望診, 얼굴, 체형 혀 등을 시각적으로 관찰하는 방법) 관련 연구와 임상진단, 과학적인 분석과 신체 기관별 진단법을 체계적으로 정리한 문헌

2013년부터 2014년에 중국중의약보(中國中醫藥報)에 발표된 형색과 건강상태와의 상관성 조사에서, 혀가 창백한 담백설은 혈허인 경우로 보통 만성병이나 중증 이후에 나타나며, 반대로 홍설은 열증과 관련되어 불면증을 비롯한, 가슴에 통증이 나타나는 경우가 있다 한다. 또한, 혀의 양측면에 출혈점이 존재하는 경우 내분비나 신진대사의 문제가 있음을 나타낸다고 하였다. 가래나 체내에 독성이 있을 경우 혀가 두꺼워지는 경우가 있으며, 얇은 혀는 음이 허한 경우라고 하였다. 혀가 수축되고 붉은 색을 띠는 경우와 끈적한 설태는 몸에 담이 있음을 나타내며, 설태가 거의 없는 무태는 비타민 결핍을 의미한다. 설태가 두껍고 넓게 분포하면 소화불량일 경우인데 설태의 색상이 진한 황색에 가까울수록 그 정도가 심하다고 하였다.

서양의학에서는 전체적인 몸 상태보다는 특정 질환에서 나타나는 혀의 소견에 따라 진단에 활용한다(표 4).

표 4 혀 소견과 서양의학 특정 질환

질환	혀의 소견	비고
설하신경마비	편위	
성홍열	딸기 혀	
쇠그렌증후군	건조	
수축성심막염	정맥노창	
심부전	정맥노창	
악성빈혈	경면설	
애디슨병	갈색 및 검은색 색소침착	
장티푸스	후태, 궤양, 갈색	
중증근무력증	마비	
과민한 사람	지도 얼룩 문양	
과다 방사선 치료	건조	
백반증	백색 딱지	흡연
설암	심한 경결, 파괴, 궤양	

1.2 설진의 문제점

설진은 간편하고 비침습적인 진단방법임에도 불구하고, 조명과 같은 진단 환경이 진단결과에 많은 영향을 미치며 진단하는 임상가의 지식과 경험에 의존성이 높기 때문에 정량화, 표준화의 문제로 인해 널리 활성화 되지 못했다.

하지만, 최근에 비침습적 검진법이 주목을 받으면서 과학기술을 통해 설진의 이런 문제를 해결하기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다[28~30].

02' 디지털 영상기반 설진기의 개발 동향

2.1 설진기 개발 동향

설 측정 시스템의 특허 분석을 해보면 90년대 이후 2차원 영상 촬영 및 분석 관련 특허 출원이 꾸준히 증가하였고, 과거에 대비하여 2002년과 2006년에 특허의 출원이 급하게 증가했다[31]. 이는 혀 영상을 촬영하는 기술이나 설태를 분류하는 기술이 개발됨에 따라 관련 특허의 증가도 함께 나타난 것으로 볼 수 있다. 그 이후에 파장대 별로 혀를 분석하는 기술과 최근에는 3차원 가시화와 관련한 기술 증가로 3차원 입체 정보로 혀를 분석하는 기술이 꾸준히 출현한 것을 알 수 있다.

또한 다양한 디지털 영상 기술을 접목한 설 측정 시스템이 개발되었으며, 이에 따라 여러 국가의 연구기관 간 기술선점을 위한 경쟁이 가속화 되고 있다. 이에, 2009년 9월에 진행된 국제 표준화 회의(ISO)에서 전통 의학에 관한 기술위원회(TC) 설립이 허가되었고, ISO/TC 249에서 설진기 분야 표준화가 국제규격(DIS) 및 작업원안(WD) 단계가 진행 중이다.

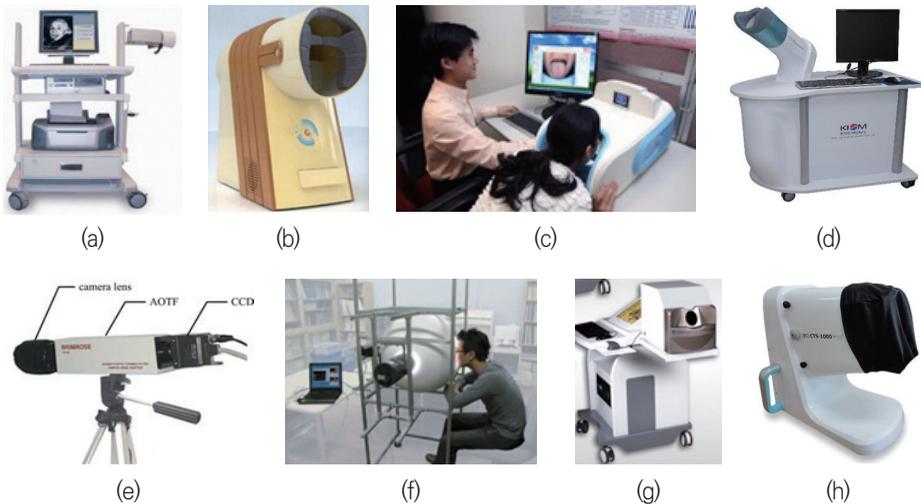
2.1.1. 국내외 설 진단장치

2000년 초반부터 일부 연구자들은 설진을 자동화하기 위해 디지털 카메라를 이용한 하드웨어와 환자 정보 입력 및 영상 저장이 가능한 소프트웨어를 제안하고, 촬영된 안면 영상에서 혀 영상을 분할하는 방법 및 효과적인 진단 방법을 포함한 진단 시스템을 구현하였다. 이에, 디지털 설진 하드웨어 시스템으로 표준화된 광원과 디지털 카메라를 이용하여 혀 영상을 획득하여 보다 정확하고 재현성 높은 영상을 획득할 수 있는 진단기가 개발되었다.

〈그림 2〉-(a)는 2005년 대만의 Skylark Device & System 사에서 개발한 CCD 카메라를 사용한 최초의 상용화 설진기를 보여준다[32]. 이 설진기는 혀 영상 촬영 및 저장이 주된 기능이며, 영상을 분석하는 소프트웨어는 미흡하다는 단점이 있다. 〈그림 2〉-(b)는 2006년 경희대학교에서 개발한 설진 시스템으로, 표준화된 스트로브(strobe) 광원과 DSLR 카메라를 이용한 영상촬영으로 표준화된 혀 영상을 획득할 수 있도록 설계되었다. 이 시스템은 안면을 접안부에 접촉하여 고정시키면 압실을 효과적으로 형성하도록 접촉부를 인체 공학적으로 설계하여 구현되었고, 표준화된 광원을 얻기 위해 태양빛과 유사한 5500K 색온도의 스트로브 조명을 사용했다. 그리고 영상의 중심을 혀의 위치에 맞추도록 카메라의 위치를 상하좌우 수동으로 변경할 수 있게 설계되었다[33].

그림 2

병원용 2차원 설진기



〈그림 2〉-(c)는 홍콩 폴리테크닉대학교에서 2005년에 개발한 설진기로서 일반 형광등 조명과 CCD 카메라를 사용한 설진기로서 구조는 간단하지만[30], 이 기기로 중국 전역의 질환 데이터베이스를 대량으로 구축했다는 점에서 의미가 있는 제품이다. 구축된 데이터는 아직 분석단계에 있지만, 질 좋은 영상 분석이 다량으로 이루어질 가능성이 크다.

2007년 한국한의학연구원에서 개발한 설진기(〈그림 2〉-(d))는 지면으로부터 45도 각도로 기울어져 있는 접안부를 가지고 있어 환자가 자연스럽게 고개를 숙이면 입 주변에 바로 밀착되는 구조로 설계되었고, 환자가 촬영과 동시에 자신의 혀가 나오는 화면을 직접 관찰 가능하도록 접안부가 45도로 우측의 모니터 방향으로 향해 있도록 구현되었다. 카메라와 접안부 사이는 초점거리를 확보할 수 있도록 90도의 각도를 이루며, 반사경이 위치하여 접안부의 얼굴 영상을 반사시켜 카메라에 투영하도록 하여 접안부와 카메라 사이의 거리를 감소시켰다. 그리고 접안부로부터 20cm 떨어진 곳에 광원으로 LED 조명을 설치하였다. 이 LED 조명은 위, 아래, 좌, 우 독립적으로 조명할 수 있으므로, 혀의 기울기 및 혀 표면의 균열 등의 기하 특성을 추출하는데 도움을 줄 수 있는 소프트웨어 기능이 있다[34].

2011년에는 다파장대의 영상분석이 활성화되기 시작했다. 〈그림 2〉-(e)는 중국의 East China Normal 대학교에서 개발된 Hyperspectral 설진기로 다중 파장대별의 다양한 조명을 혀에 조사하여 반사되는 영상을 AOTF(Acousto-optical tunable filter)를 이용하여 600~1,000nm의 파장대를 분석하는 장치이다[35]. 〈그림 2〉-(f)는 일본의 Chiba대학교에서 개발된 Hyperspectral 설진기로 인공 태양광을 혀에 조사하고 필터를 이용하여 파장대를 분석하는 측정장치라는 점에서 중국 설진기와 차이점을 보인다[36]. 이는 Hyperspectral 영상 취득 장치와 자연광원과 유사한 조명을 투사 및 반사시키는 간접 조명을 장착하여 혀 영역을 검출, 분광(spectrum) 정보에 의한 설태 분류 등의 영상처리가 가능하다.

〈그림 2〉-(g)의 설진기는 중국의 Tellyes Scientific 사에서 개발한 기기이다[37]. 이 기기는 분석보다는 수집을 위한 기기로서 LED 조명과 CCD 카메라를 이용했다. 현재 중국의 의과대학 및 대학병원에 보급되어 교육용으로 주로 활용되고 있다.

〈그림 2〉-(h)의 기기는 대승의료기기와 상지대학교에서 함께 개발한 설 측정장치로 LED를 이용한 가시광선의 조명뿐 아니라 적외선, 자외선의 조명을 조사하여 혀 표면의 파장별 특성을 보여주도록 한 측정장치이다[38]. 외부의 광원을 효과적으로 차폐하기 위하여 실리콘 접안부와 덮개를 활용하였다.

모바일 시스템을 활용한 연구로는 2016년 컬러 교정 파라미터 구조를 다른 조명 조건에 적용하도록 하는 스마트폰 자동 설진 체계[39], 2013년 혀의 윤곽으로 혀의 특징을 찾아내 진단을 하도록 하는 최적화된 Canny 알고리즘을 안드로이드 체계에 적용한 사례도 발표되었다[40]. 2014년에는 SVM 기반으로 한 컬러 교정기능으로 혀 표면의 설태와 균열(crack: 열문)을 탐색하는 연구도 발표되었다[41].

2.2 국내외 설진 연구 동향

2.2.1. 국외 설진 연구 동향

2011년 L. Gang 등은 혀 표면의 분광 특성을 분석하여 적혈구의 수를 예측하는 논문[42]을 보고한 바 있으며, 2012년 Lo.L.-c. 등은 1,000명 이상의 피험자를 대상으로 한 검증 실험에서 설진기의 분석 결과와 의사의 진단 결과가 유의한 범위에서 일치하고, 반복성은 의사의 진단보다 설진기의 결과가 높게 나타남을 보고한 바 있다[43]. 2012년 B. Jiang 등은 열증 환자와 한증 환자의 설태 색상이 다르게 나타남을 보고한 바 있고[44], 2013년 Y. Zhao 등은 만성간염환자를 대상으로 소변의 대사물질과 설태의 상태가 관련이 있음을 보고한 바 있다[8]. 2014년 I. Gareus 등은 정량적인 설진을 위한 설진기 개발을 목적으로 76명의 환자를 대상으로 2번의 설 영상을 획득하고 방법 간 신뢰도, 검사-재검사(test-retest) 신뢰도, 평정자간(interrater) 신뢰도를 살펴보는 예비 연구를 진행한 바 있다[45].

중의학에서는 혀의 모양은 변할 수 있고 특정 병리를 나타낸다고 하였다. 혀의 모양은 타원, 사각형, 직사각형, 원형, 급성 삼각형, 둔각 삼각형 및 해머의 몇가지 유형으로 분류되는데 일반적으로 타원 혀는 정상적인 혀를 나타낸다고 하였다[46].

2012년 임상데이터를 활용하여 혀의 색상 정보를 통해 소화관련 증상의 분류가 가능함을 보고하였고[47], 다른 연구에서는 중풍의 전조증상 예측에 사용하는 방법으로 혀를 내미는 각도를 연구하였다[48]. 2005년 충수염과 궤장염 환자의 혀의 평균 색상이 정상인과 다른 분포 경향을 보이는 것을 보고하였다[22].

2.2.2. 국내 설진 연구 동향

2007년에는 경희대 연구팀에서 설진과 관련된 문헌들을 통해 설진의 진단적 의의를 고찰하였다[49].

2011년 박진웅 등은 SVM과 주성분 분석을 사용하여 설태를 검출하는 알고리즘을 제시하였고[50], 2012년 경희대학교 내과 김진성 교수팀은 설태 두께와 구취와의 관계를 규명하여 국제 논문도 발표되었다[51]. 2013년 상지대학교에서 개발된 설진기의 설태 두께진단의 유용성을 검증하는 논문[20], 2014년 한국한의학연구원에서 개발된 설 색상분석에 특화된 설진기를 이용하여 수면이상과 설 색상변의와의 관계에 관한 연구도 발표하였다[23].

2011년까지 한국한의학연구원의 체질건강수준 표준개발 사업에서 외부 환경에 강인한 병원용 설진 하드웨어 및 소프트웨어를 개발하였다. 2007년에 개발된 설진기 하드웨어는 혀 내부의 상세한 관찰을 위해 책상과 설 영상획득 장치와의 45° 각도를 유지하도록 디자인이 되었으며, 혀 표면에서의 반사를 줄이기 위한 편광 필터 및 아크릴 필터를 가진 LED 조명을 사용하여 기능을 향상시켰다. 또한 소프트웨어로서 설진 UI를 개발하였고, 설진을 위해 설질 및 설태 분류 등의 컬러 특징 및 치흔, 열문, 홍반 등의 기하 특징을 추출하는 연구를 진행하였다. 개발된 설진기를 통해 건강/반건강/질병군의 설진 데이터를 수집해 진단지표 분석에 활용하였다.

현재 국내에는 상용화를 목적으로 개발된 설 진단기기가 소량 보급되어 있으며, 활성화되기 위하여 설진기의 고기능성 연구 및 한의원 보급을 위해 설진기의 진단 콘텐츠 개발 연구와 질환에 특성화된 시스템 연구가 더욱 진행되어야 할 것으로 판단된다.

03 | 한의학연구원의 다(多)시점 설 영상 진단장치 및 응용 방향

3.1 다(多)시점 설 영상 진단장치

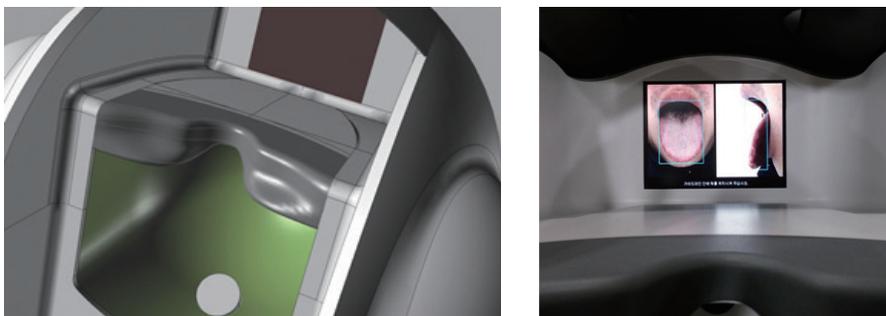
3.1.1. 하드웨어

한국한의학연구원은 최근 5년 간 임상가들의 의견을 받아 혀의 상태를 분석하고 건강을 진단하는 진단기를 설계하고 제작하였다. 먼저 다시점 설 영상 가시화 배치 설계안 작성을 위해 2013년에 연구원 내외 전문가 평가를 수행하였다. 이를 위해 설진 전문가 위원 6명을 대상으로 사용자 인터페이스 관련 설문조사 실시한 후, 가이드라인 제시 방법, 얼굴 접안부 설계, 안면 거치 각도 등의 항목에 대해 전문가 의견을 수용하여 장치 설계에 반영하였다.

위의 설문 결과를 기반으로 안면 밀착면을 넓혀 안면의 위치 고정 기능이 향상되고, 실리콘 재질 사용 및 탈부착 기능으로 유지보수가 용이한 안면 거치대를 디자인을 하였다<그림 3>.

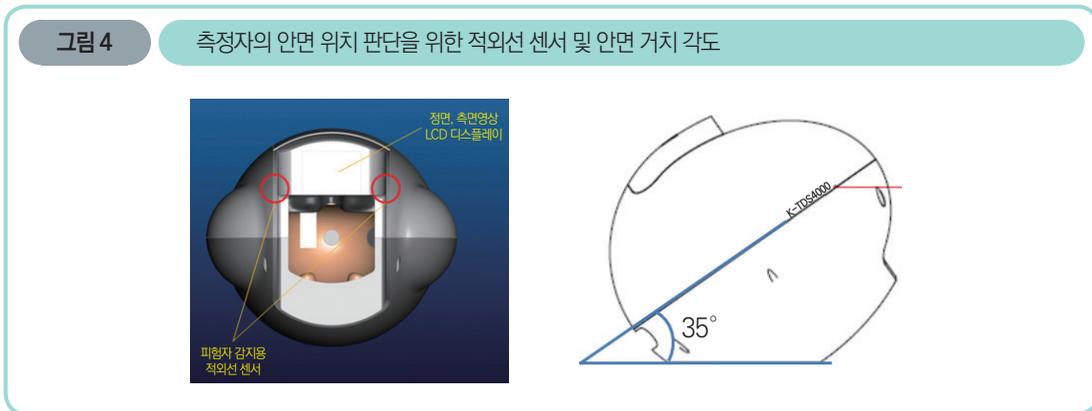
그림 3

안면 고정이 용이한 안면거치대 디자인 및 보조 디스플레이



피사체의 자세 변화에 유동적으로 적용할수 있도록, 측정자의 콧등과 관골이 동시에 밀착되어 지지가 가능한 안면 거치대를 구성하여 고정된 위치에서 혀 영상 획득이 가능하도록 하였으며, 측정자가 혀 영상을 보면서 자신의 혀 위치 조절을 할 수 있는 보조 디스플레이를 추가하였다.

또한 <그림 4>와 같이 측정자의 안면이 이탈되었을 경우 조명을 차단하기 위해 적외선 센서를 이용해 측정자의 안면이 거치대에 위치한 경우에만 조명이 켜지고 영상 획득이 가능하도록 UI를 구성하였다. 또한 측정자의 편의성 및 설근영역의 효과적인 정보획득을 위해 안면의 거치각도가 35° 내외로 고정되도록 설 영상 획득 장치를 디자인하였다.



다시점 설 영상 측정장치의 사용성 평가 및 최적화하기 위하여 <그림 5>과 같이 깊이 측정카메라와 정면 및 측면 영상 촬영 카메라를 조합하여 설 입체 정보 측정이 가능한 하드웨어를 개발하였다[52].



그림자 영향 및 침에 의한 영상의 왜곡을 최소화 할 수 있는 조명 환경을 설계하였다. 반사판 형태의 light room을 구성하여 균일한 강도의 빛이 조사되는 간접조명 환경에서 영상 획득이 가능하도록 하였고, 허에 다양한 각도에서 반사된 조명이 입사하도록 하여 설 표면 굴곡에 의한 그림자가 발생하지 않도록 하였다. 특히, light room 내부에서 다양한 각도로 반사되어 생성되는 조명 환경을 조성하여 직접광 환경에서 발생하는 침 반사 문제를 최소화 하였다[53].

〈그림 6〉의 개발된 장치는 정면뿐 아니라 측면을 통하여 깊이 정보를 함께 측정하기 위한 입체 정보 추출용 설 측정 및 분석 장치이다[54]. 2차원 영상을 기반으로 하는 설진기는 허의 기하학적인 정보를 추출하거나 앞뒤의 허 위치를 교정하기가 어렵지만, 이 장치는 크기나 모양의 기하정보뿐 아니라 컬러의 3차원적인 변형 정도도 함께 파악이 가능하므로 활용도가 높다. 즉, 접안 각도를 인체공학적인 측면을 고려하여, 설 촬영 편의성을 향상시켰고, light room을 통한 간접 조명 방식을 적용하여 이상적인 조명조건 확보로 침에 의한 영상 왜곡을 최소화했다. LED 조명의 자동 차단을 위해 피험자 유무 감지 위한 적외선 센서를 장착하였으며, 보조 디스플레이를 통해 자가 허 위치 가이드 기능을 구현하였다.

설 입체 정보 획득을 위해 정면, 측면 카메라와 깊이 카메라를 부착하였고, 적외선 LED와 필터를 이용하여 설하정맥을 촬영하는 시스템을 구성해 피험자 콧등과 관골의 동시 지지로 안정적으로 촬영가능한 안면 거치대를 설치하였다.

그림 6

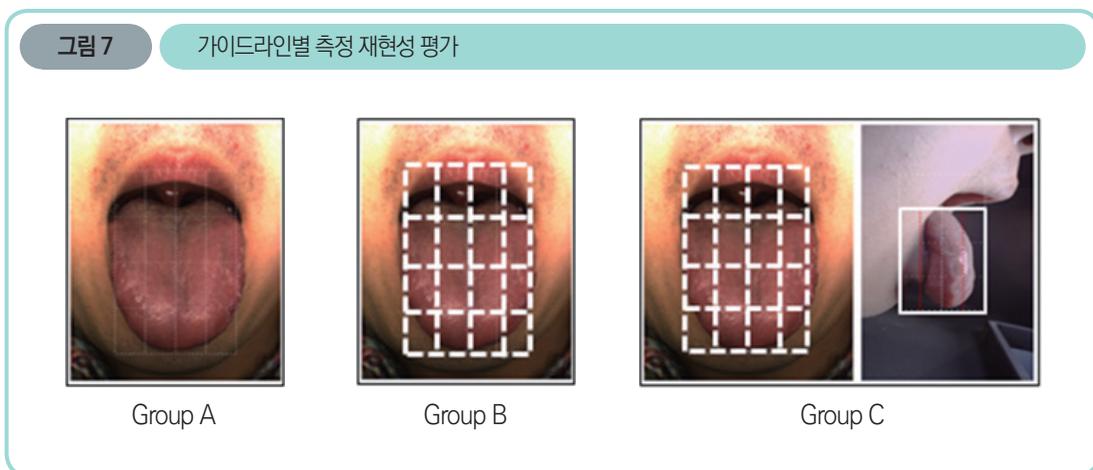
허 입체 정보 측정장치



3.1.2. 소프트웨어

사용자 인터페이스(GUI)로 환자의 이름, 성별, 생년월일 등의 인적 정보와 진료일, 한의사 소견을 입력한 후, 혀 부분을 격자 또는 임의의 점으로 표시된 영상의 중심점에 위치시키도록 하여 혀가 포함된 안면 사진을 촬영하도록 한다. 촬영된 혀 영상은 화질의 저하를 최소화하여 저장하기 위하여 RGB의 24 bit 컬러 영상으로 저장된다. 이렇게 저장된 영상과 데이터 정보는 DB 파일로 저장하여 혀를 분석한다.

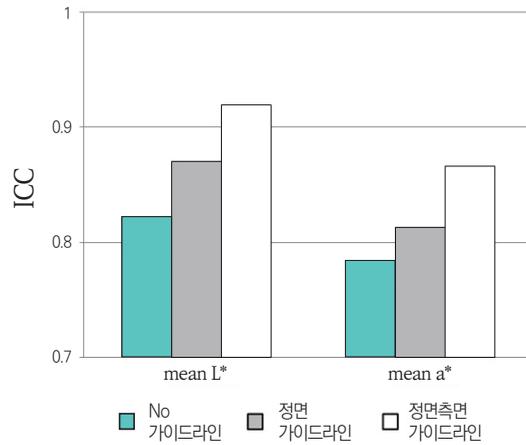
또한, 피험자에게 혀 위치와 각도에 대한 정면과 측면의 다시점 가이드라인을 제시하여 일관된 혀 자세에서 영상 획득이 가능하도록 하는 재현성 향상 방법을 고안하였다<그림 7>.



측정 재현성을 평가하기 위하여 8명의 피험자로부터 Group A의 ‘no 가이드라인’, Group B의 ‘정면 가이드라인’, Group C의 ‘정면측면 가이드라인’의 영상을 각 5회씩 반복 측정을 하여 CIE L*a*b*의 L*과 a*의 ICC(Intraclass Correlation Coefficient) 값을 구하였다. <그림 8>의 결과를 보면, ‘정면측면 가이드라인’을 사용하였을 경우 ‘no 가이드라인’과 ‘정면가이드라인’을 사용하였을 때보다 높은 색상의 재현성을 확보함을 확인할 수 있다.

그림 8

다시점 가이드라인의 혀 평균 색상 재현성 향상

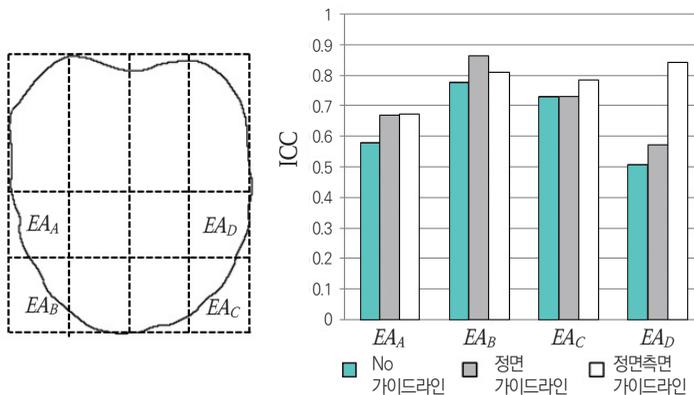


* ICC(급내상관계수): 8명의 피험자의 5개의 측정값에 대한 일치도 평가

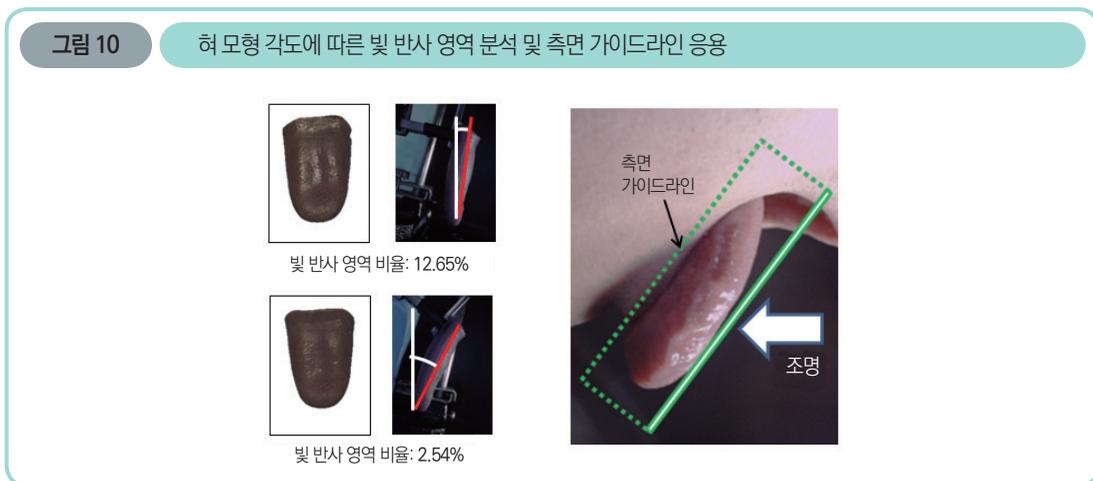
혀 경계 근처 영역에서 혀 영역이 차지하는 픽셀 수로 혀 형태의 특성을 <그림 9>와 같이 평가하였다. 정면과 측면의 가이드라인을 사용할 경우에 피험자가 혀를 용이하게 위치시킬 수 있어 혀 형태의 재현성이 향상되었다[54]. 이는 치흔이나 혀의 면적, 부피, 모양을 판단하는데 중요한 지표로 활용된다.

그림 9

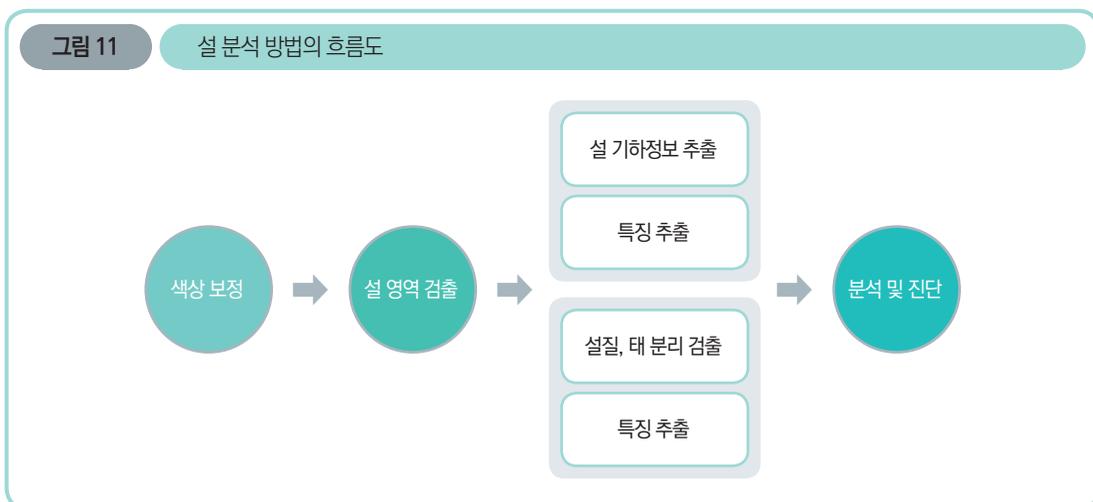
다시점 가이드라인의 형태 재현성 향상



또한, 혀 영상의 재현성 향상을 위해 침에 의한 빛 반사가 최소가 될 수 있는 측면 가이드라인을 제시하여 피험자가 용이하게 혀를 위치시킬 수 있도록 설진 안면 거치물을 디자인했다. 또한, 얼굴을 숙이는 각도로 설진기 접안부가 개발되는 것이 바람직할 것으로 판단해 그에 따라 접안부를 개발하였다<그림 10>.



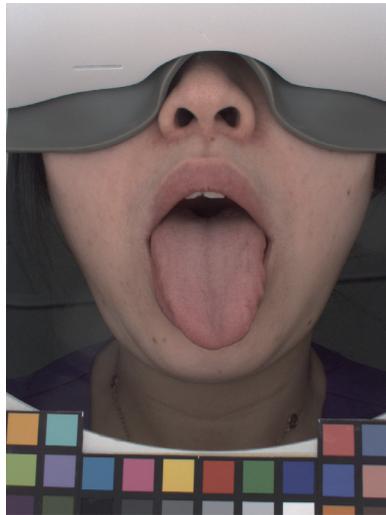
<그림 11>은 취득된 혀 영상을 색상 보정을 통해 표준화 영상으로 변환하고, 혀 영역 검출, 색상 및 기하 정보를 분석·진단하는 흐름도이다.



설진 방법의 흐름도에 따라 획득된 영상을 환경의 영향을 받지않고 원래 색상에 근접하도록 색상을 보정해야 한다. 색상보정은 <그림12>와 같이 color checker의 기준 컬러 영상을 이용하여 변환 행렬을 계산하여 전체영상을 교정한다. 이때 중요한 것은 이미 정해진 기준 컬러 영상을 검출하는 과정이다.

그림 12

기준 컬러 포함 영상



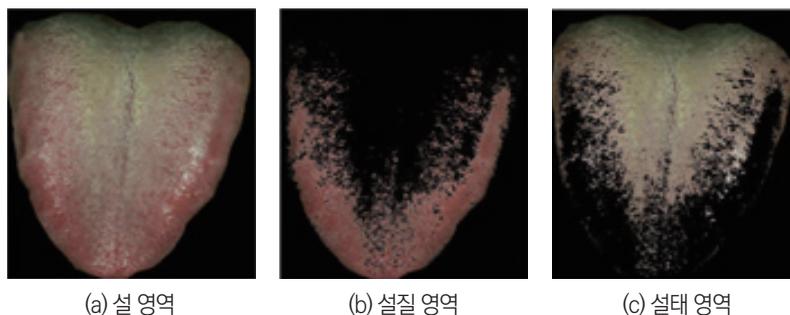
수집된 영상으로부터 진단에 필요한 혀 영역을 검출하는 방법에 대한 연구도 활발히 진행되었다[55]. 여기서 혀 영상의 컬러와 텍스처 특성은 빛의 조건에 따라 달라지고 주변 입술 및 목구멍의 컬러와 유사하므로 일반적인 영역 분할 방법으로 혀 영역을 구분하기 어렵다. 하지만, 초기 수동 영역 검출 알고리즘에서 시작하여 최근에는 자동 영역 검출 알고리즘에 대한 연구가 다수 진행되고 있으며, 다양한 영역 분할 방법을 적용한 연구들이 진행되고 있다[56,57]. 그러나, 이러한 방법들은 사용자가 혀 주변으로 초기 윤곽선(contour)을 그려주어야 하므로, 수동(manual)으로 사용자의 간섭이 필요하다는 단점을 가지고 있다.

자동 검출을 위해서는 혀의 컬러 특성을 미리 알고 있거나 약속된 영상의 중심점에 혀의 영역을 포함시키는 것이 필요하다. 이 때 중요한 것은 혀가 없을 때 혀가 없다는 것을 분별하여 메시지를 주는 것이다. 중심점 근처에서 혀의 컬러 분포를 찾고 이미 알고 있는 혀의 컬러 분포 이외의 다른 컬러 값이 나올 때 혀가 존재하지 않음을 알 수 있다. 혀가 존재할 경우 설 영역 검출 방법은 그림자 명암 차이 및 색상 차이 정보, 경계기하 정보를 통하여 최적 경계를 검출한다. 이때 중요한 것은 조명에 의해 반사되는 영역이 경계로 추출되지 않도록 하는 것이 필요하다. 참고로 간접조명이나 편광과 같이 반사가 최소화되도록 해야 한다.

설태 설질 분리 검출은 컬러 값의 이진화를 통해 분리한다. 설질 및 설태를 구분하기 위한 요소에서 다양한 컬러 좌표 값의 범위를 구하며, 설 색상을 분석하기 위해서는 <그림 13>과 같이 혀 영역을 추출하고 설질과 설태 영역을 분리하여 각 영역별 분포를 찾아내야 한다[19]. 이렇게 찾아낸 영역은 장치 구동 소프트웨어 및 설 진단 물리량 가시화 UI를 통해 가시화한다. 설 특징 추출은 설질/설태 색상정보, 기하정보로 혀 영역 크기, 혀 상하의 폭 비율 및 혀 영역 가로/세로 비율, 망자·홍반 및 열문 등을 추출한다.

그림 13

설태 설질 분리 검출



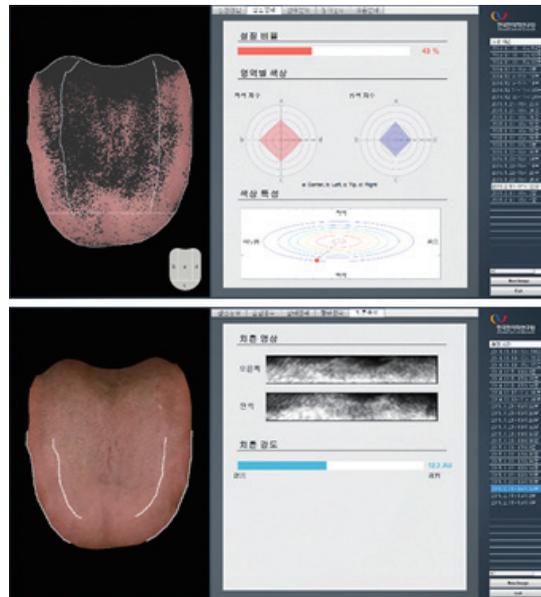
설태의 두께(후박)를 구분하는 것이 쉽지 않지만, 설태의 면적이 클수록 두께가 두껍다는 연구 논문이 발표되었다[51]. 또한 혀 가장자리의 굴곡이나 텍스처의 변화가 나타나는데, 최근 색상의 변화의 주파수 구분을 통하여 치흔의 강도를 측정하는 방법도 제시되었다<그림 14> [58,59]. 즉, 설질/설태 분류 및 color

vector space의 통계적 특성 분류, 설의 형태 분류, 형태를 나타내는 벡터를 입력으로 한 분류 등의 결과를 가시적으로 보여줄 수 있다.

이러한 설진 결과의 정확도를 증가시키기 위해서는 다수의 피험자를 모집하여 한의사 진단을 받은 후, 혀 영상을 분류 획득하고 통계적으로 처리하여 각 물리량의 기준 값을 추출하는 것이 중요하다.

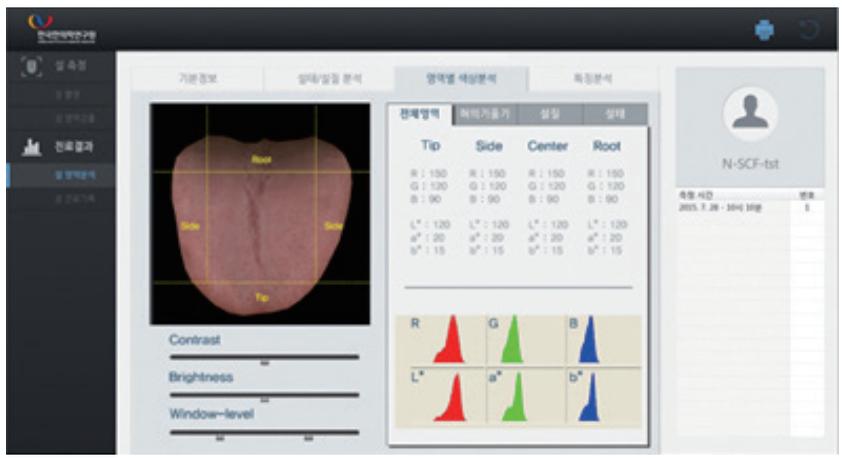
그림 14

설질/설태 분류 및 치흔 특성 가시화 UI



<그림 15>를 보면 혀를 4가지 영역으로 나누는데 혀의 영역별로 오장육부의 건강상태가 달라지기 때문에 영역별로 설질과 설태의 분포와 특성을 영역으로 구분해야 한다. 설근 영역은 신장 기능, 중간 영역은 비위 소화기 기능, 좌우의 사이드 영역은 간담 기능, 설첨 영역은 심폐 기능을 의미한다고 한다[60]. 특히 부위별 색상 특성으로 한의사 또는 임상가에게 정밀한 정보 제공이 가능하다.

그림 15 컬러 히스토그램/RGB/CIE L*a*b* 결과 제공



또한 설 진단 물리량 추가확보를 위해 아래쪽의 카메라를 이용하여 설하정맥을 분석하도록 하였다. 설하정맥은 어혈 및 뇌심혈관질환을 찾기 위한 지표로 활용된다. <그림 16>에서 설하정맥의 양측의 균형, 색상, 튀어나오거나 퍼진 정도를 파악할 수 있다. 그러기 위해 입을 '아' 하면서 크게 벌리고 혀끝을 윗니에 붙여서 촬영하는데 측정카메라는 아래쪽에 위치하여 혀의 아랫면을 선명하게 촬영하도록 하고, 정맥을 추출하도록 한다.

그림 16 설하 정맥 영상 취득 방법



설하 정맥 측정 구조

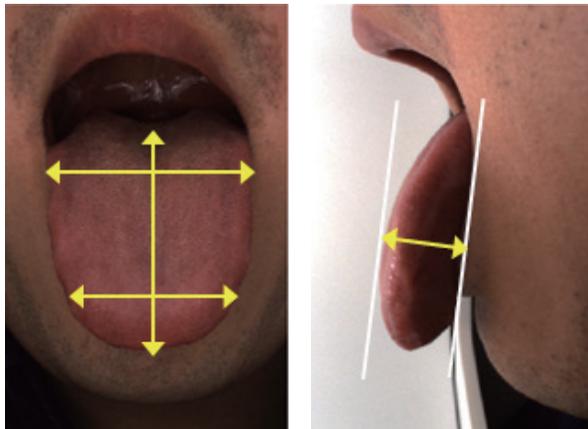
설하 정맥 측정 UI

색 정보 기반 설하정맥 추출 자동화 알고리즘을 개발하였고, 측정의 신뢰성을 확보하기 위하여 결과의 반복성 테스트를 진행하여 안정적인 설하정맥 영상을 얻을 수 있다.

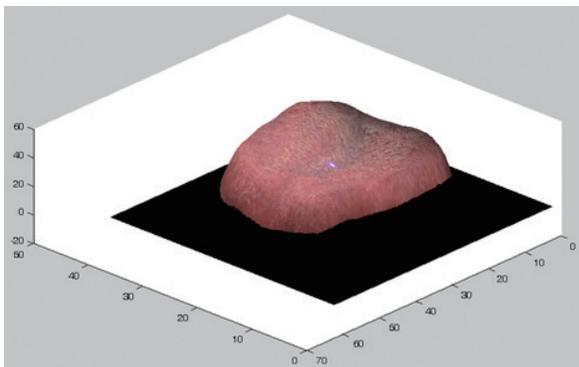
입체 형색 정보를 활용한 혀 진단 방법을 개발하여 설 진단 물리량을 발굴하고 기존 진단 지표를 고도화하였는데, 깊이 카메라를 이용하여 깊이 정보를 추출하여 혀 입체정보를 도출하고 혀의 넓이, 폭비, 가로-세로비, 혀의 두께, 혀의 입체 가시화 및 굴곡 정보 가시화 등을 가능하게 하였다<그림 17>.

그림 17

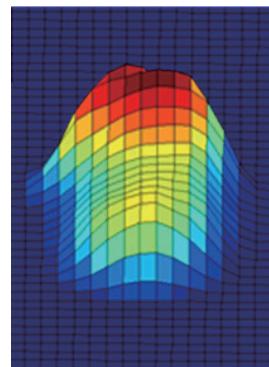
혀의 입체정보 추출



(a) 혀의 넓이, 폭비, 가로-세로비, 혀의 두께, 깊이 영상



(b) 입체 가시화

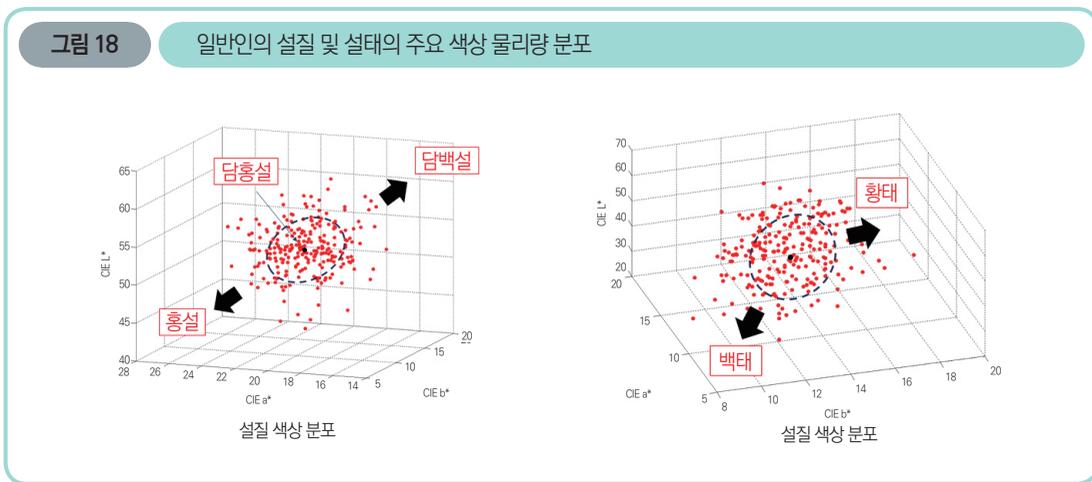


(c) 표면 굴곡 정보

3.2 한의학적 응용 방향

3.2.1. 일반인의 설 특징 변수

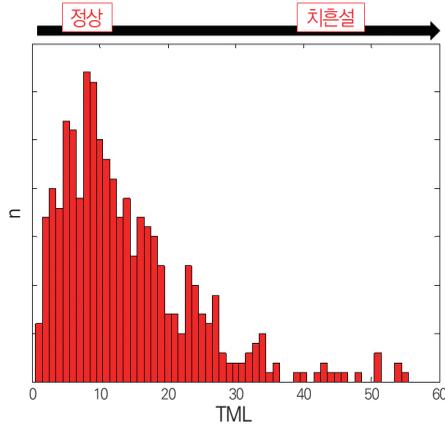
한국한의학연구원은 2014년부터 600건의 일반인 대상 측정 데이터를 기반으로 설 일반인의 설질과 설태의 색상 분포를 도출하였다. 설 색상 변수의 분포를 기반으로 설색 진단의 정량적 정의를 <그림 18>과 같이 정상인의 설질 색상이 담홍설로부터 담백설 및 홍설의 분포 및 방향성 및 설태 분포, 그리고 백태 및 황태의 방향성도 얻을 수 있었다. 이는 600건의 데이터로부터 얻어진 분포이며 더 많은 데이터가 확보되면 정확성을 향상시킬 수 있을 것이다.



치흔 강도는 혀의 가장자리(TMI)의 굴곡을 주파수 성분으로 표현한 것을 의미한다[58,59]. <그림 19>은 정상인의 치흔 강도 분포로 대략 Rayleigh 분포로 나타나고 있다.

그림 19

일반인의 치흔 변수 분포



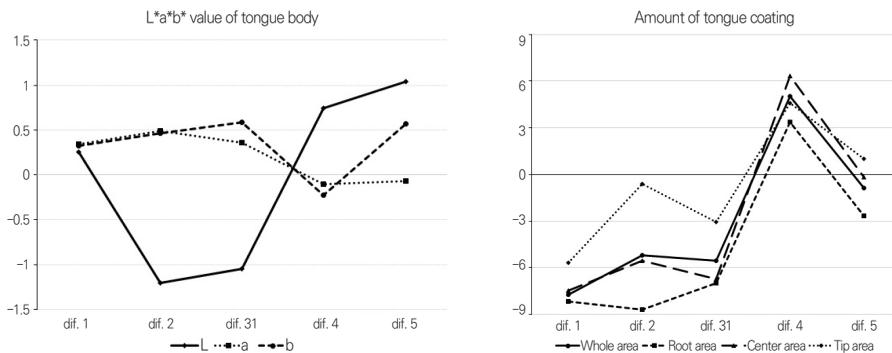
3.2.2. 시간적 변화 추이 분석

건강인의 일중변화에 따른 설 특성 변화 추이를 다음과 같이 분석하였다. 일반인을 대상으로 하여 2박 3일 간의 일중변화에 따른 설 특성의 변화 추이를 분석한 결과 일중변화에 따라 설 특성의 변화 패턴이 유사하게 나타났다.

우선 <그림 20>를 보면, dif. 1에서는 아침식사 전후 차이량 (식사후-식사전), dif. 2에서는 점심식사 전후 차이량 (식사후-식사전), dif. 3에서는 저녁식사 전후 차이량 (식사후-식사전), dif. 4에서는 수면전후 차이량 (기상후-취침전), dif. 5에서는 1일차 아침과 2일차 아침의 차이량을 보여주고 있다. 이중 식사 전후, 수면 전후의 차이량을 계산하여 분석을 진행한 결과, 식사 후 설질의 색상은 보다 어두워지고(혹은 붉어지고) 설태는 줄어드는 경향을 확인할 수 있었다. 이는, 식사를 통한 구강활동으로 인해 설태가 탈락되었을 것으로 해석할 수 있다. 또한, 수면 전후의 설태의 색상이 밝아진 것은 수면 도중 설태가 증가했다는 것을 유추가능하다.

그림 20

설질 및 설태에서 CIE Lab 평균값의 식사전후/수면전후 차이량 그래프



수면 전후의 상황을 좀더 상세하게 살펴보면, 수면 전후로 설태의 두께와 설태 면적에서 유의한 결과를 확인할 수 있었다. 수면동안 구강활동은 거의 이루어지지 않기 때문에 설태의 탈락이 발생되지 않았으며, 특이한 사항은 수면을 하는 동안 치흔(TML)도 증가함을 알 수 있었다.

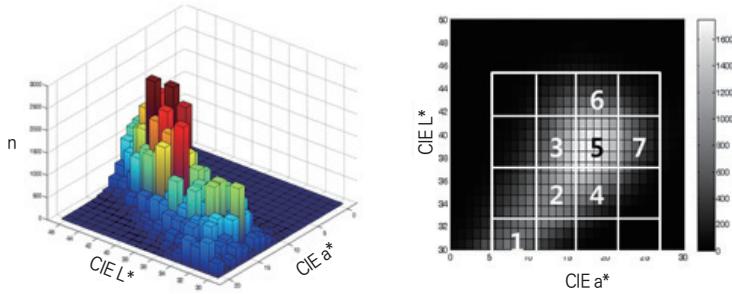
3.3 질환 관점 적용

3.3.1. 만성피로군

정량적 혀 데이터를 바탕으로 설 형색과 건강상태 상관성 조사하기 위해 기존의 327건의 디지털 혀 영상을 색상 히스토그램 분석하여 혀증(만성피로군)과 관련된 혀 색상 분포 변화를 분석하였다. 그 결과 고령자의 혀증과 관련된 배변장애 군의 경우 정상인 군에 비해 설근 영역에 설태나 담백설이 많이 분포하는 경향을 <그림 21>에서 알 수 있다[61]. 특히 고령자가 수면 이상이 있을 경우 혀 전체에 걸쳐 담백설이 분포하는 것으로 분석되었는데, 이는 여러 문헌과도 일치하는 결과이다.

그림 21

정상인과 대변장애 군의 색상 히스토그램 분석 차이

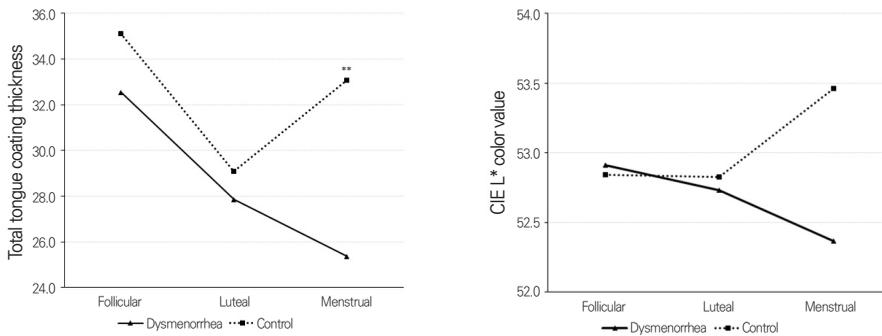


3.3.2. 월경통 환자

여성 중에서 월경통 환자와 건강대조군 간의 월경주기별 설 특성 변화의 추이를 분석한 결과 월경기에서 환자군과 대조군 간의 설태 및 설질 관련 지표가 유의한 차이를 보였다(그림 22).

그림 22

월경주기에 따른 설태 두께 및 설질의 밝기 변화 추이



* 실선: 월경기 환자군, 점선: 건강 대조군

월경통 환자의 경우 건강대조군보다 설질의 색상이 보다 어둡고(검붉고), 설태는 얇은 특징을 가지는 것으로 확인되었다. 이는 해당 임상연구에서 모집된 월경통 환자군이 기체혈어(氣滯血瘀)로 진단된 월경통 환자이기 때문에 기체혈어의 설 특징인 설홍(舌紅), 박태(薄苔)를 보인다고 해석할 수 있다.

3.3.3. 상기도 감염 환자 치료 전후

상기도 감염 환자 및 정상인을 대상으로 혀 영상 촬영을 하였다. 환자군 40명, 정상군 40명을 대상으로, 환자군의 경우 치료 전, 후 영상을, 정상인은 첫 촬영 후 1주일 후 촬영된 영상을 사용하였다. 유효한 설 지표 탐색을 위해 각 군의 전후 영상을 대상으로 얻어진 설 지표 중 독립표본 t검증을 통한 치료전후 변화량에서 통계적으로 유의미한 차이를 보이는 변수를 탐색하였다(표 5) [62]. 이를 통해 상기도 감염을 분류할 수 있는 알고리즘 구축할 수 있었다.

표 5 독립표본 t검증분석에서 유의미한 차이를 보인 설 지표

구분	환자군			종류			P(<.05)
	치료전	치료후	변화량	Visit 1	Visit 2	변화량	군간변화량
설태 R	132.171±15.374	126.341±18.374	5.83±13.118	124.048±18.157	124.62±15.340	-0.571±12.687	0.040°
설태 G	98.987±14.772	93.634±17.235	5.353±12.177	91.06±16.667	91.641±14.319	-0.581±11.700	0.035°
설태 a	20.337±0.989	20.836±1.065	-0.499±0.799	20.465±1.040	20.612±1.026	-0.147±0.793	0.048°
설태 L	44.526±6.070	42.247±7.142	2.279±5.08	41.237±6.973	41.452±5.945	-0.215±4.871	0.036°
중심설질a	18.975±0.736	19.215±0.742	-0.542±0.921	19.055±0.682	19.133±0.67	-0.111±0.819	0.027°
전체설태비	54.504±2.768	54.207±3.982	5.284±13.704	53.141±4.081	53.906±3.303	-0.348±9.625	0.036°
중심설태비	12.974±2.476	13.606±2.249	7.679±17.455	14.301±2.492	14.968±2.493	-0.443±12.345	0.020°

04 | 결론

지금까지 한의학과 과학기술을 접목한 설진기 개발 동향 및 응용 방향에 대해 설명을 하였다. 향후 연구 방향은 혀 표면의 파장별 세분화 분석, 설하 정맥 및 모세혈관 특성과 질환과의 연관성 연구가 심화 발전할 것으로 생각된다. 기술적으로는 개인의 건강관리를 위해 통신기술과 융합된 모바일 설진 시스템의 개발이 필요할 것으로 생각된다.

이에 따라 2015년부터 한의학연구원은 다수가 사용하는 안드로이드 시스템 모바일 장치에 적용하기 위하여 설 영상을 촬영할 수 있는 모바일 기반 설 데이터 분석 플랫폼을 개발하였다(그림 23). 이 시스템은 사용자가 로그인하여 건강상태를 입력하기 위해 간단한 설문에 답한 후 정해진 격자의 템플릿에 맞추어 혀 영상을 촬영할 수 있으며, 정기적으로 진행할 수 있도록 알림기능도 추가하였다. 모바일 설 영상 분석 및 결과 전송 시스템을 위하여 (그림 24)와 같이 모바일 기반 설 데이터 수집 및 분석 서버도 구현하였다(63,64).

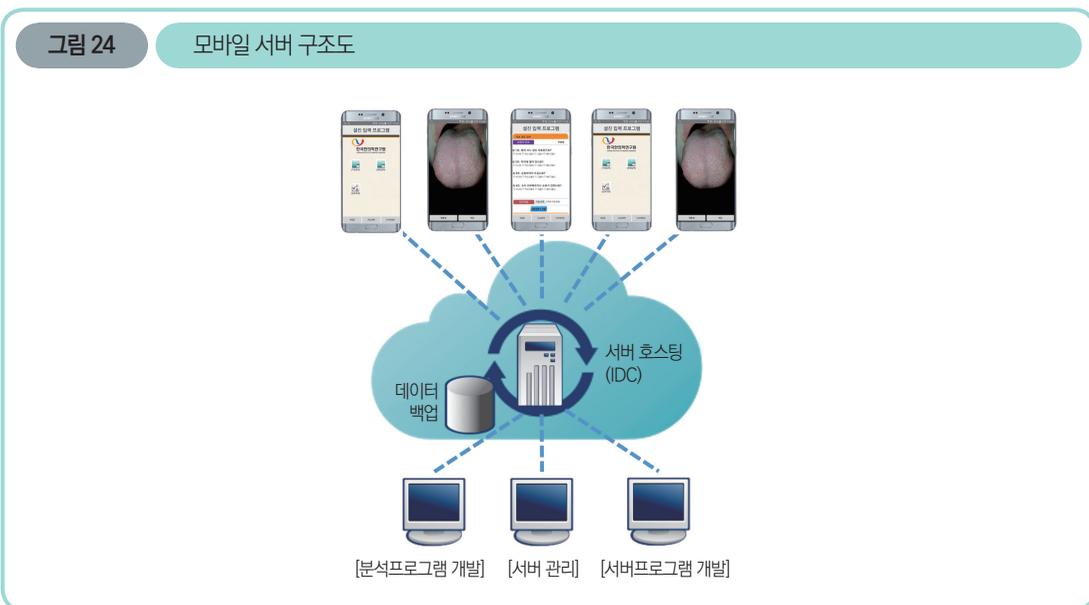
그림 23

모바일 기반 설 데이터 촬영 및 분석 플랫폼



(a) 메뉴선택, 혀 영상 촬영 화면

(b) 설문입력, 결과조회 화면



혀 영상을 촬영 시 중요한 것은 직사광선을 피하고, 외부 빛이 차단된 내부 공간에서 영상을 촬영하여 환경에 따른 혀의 변화를 최소화해야 한다는 점이다. 또한 영상의 내부에 격자에 맞춰 혀를 중앙에 위치시키도록 해야한다. 이렇게 모아진 개인의 혀 영상을 한동안 서버에 모아 건강상태와 연결되도록 하여, 혀의 색깔, 설태의 색상과 모양 지표로 건강상태를 파악하도록 그룹핑(grouping) 한다. 이렇게 데이터가 축적되면 현재의 혀 상태로 자신의 건강상태를 진단할 수 있고, 이에 맞는 건강정보도 제공할 수 있을 것이다.

이와 같은 스마트폰 기반 장치 뿐 아니라 테블릿 PC 시스템의 개발도 수행하여 전문가용 혀 영상 취득 및 건강분석 장치로 활용이 가능하므로, 향후 개인용 헬스케어 분야에 적용 가능할 것으로 전망된다.

Keun Ho Kim



학력

한국과학기술원 전기 및 전자공학 박사
 한국과학기술원 전기 및 전자공학 석사
 한국과학기술원 전기 및 전자공학 학사

경력

現) 한국한의학연구원 한의학기반연구부 책임연구원
 現) 과학기술연합대학 한의생명과학 교수
 前) 삼성종합기술원 전문연구원(책임연구원)

참고문헌

1. 박경모. 설진의 기초개념. 강의자료. 2004
2. 유지윤. 변증시치임상요강, 1998.
3. 이봉교, 박영배, 김태희, 한방진단학. 성보사, 1996
4. 팽청화, 망진, 청홍, 2007년.
5. Liu, Z., Zhang, D., Yan, J.-q., Li, Q.-L., and Tang, Q.-I. Classification of hyperspectral medical tongue images for tongue diagnosis. *Comput Med Imaging Graph.*, 31(8), 672-678. (2007)
6. Liu, Q., Yue, X.Q., Deng, W.Z., and Ren, R.Z. Quantitative study on tongue color in primary liver cancer patients by analysis system for comprehensive information of tongue diagnosis. Department of Traditional Chinese Medicine, Changhai Hospital, Second Military Medical University, 1(3), 180-183. (2003)
7. Yan, W.J., Zhang, J., Hu, G.Q., Zhao, J., Lin, L., Lu, X.Z., Li, G. Study on Near Infrared Spectrum in the Application of the BP Neural Network in the Tongue Diagnosis for Hepatitis Patients. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 30(10), 2628-2631. (2010)
8. Zhao, Y, Gou, X.J., Dai, J.Y., Peng, J.H., Feng, Q., Sun, S.J., Cao, H.J., Zheng, N.N., Fang, J.W., Jiang, J., Su, S.B., Liu, P., Hu, Y.Y., and Zhang, Y.Y. Differences in Metabolites of Different Tongue Coatings in Patients with Chronic Hepatitis B. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013. (2013) <http://dx.doi.org/10.1155/2013/204908>
9. Cui, M.G., Xu, B.Y., and Huang, S.J. Quantitative study on tongue diagnosis in stroke patients. Xiyuan Hospital, China Academy of Traditional Chinese Medicine, 21(9), 670-673. (2001)
10. Chiu, C.C., Lan, C.Y., and Chang, Y.H. Objective assessment of blood stasis using computerized inspection of sublingual veins. *Comput Methods Programs Biomed*, 69(1), 1-12. (2002)

11. 금동웅. 中風 患者 34例의 舌診에 對한 臨床的 觀察. 동의병리학회지, 12(1), 28-32. (1998)
12. 서관수, 금동웅. 糖尿患者의 27例의 舌診에 關한 臨床 研究. 대한외관과학회지, 12(2), 212-221. (1999)
13. 최동준, 박성욱, 문상관, 조기호, 김영석, 배형섭, 이경섭. 중풍초기환자의 舌象 분포와 변증의 유용성에 관한 임상고찰. 대한한의학회지, 20(2), 187-199. (1999)
14. Gao, L., Liu, P., Song, J.-x., Wu, X.-g., Xu, C.-m., Huang, L.-y., Wang, P.-p., Zhang, Y., and Luo, Y.-m. A pilot study on the relationship between tongue manifestation and the degree of neurological impairment in patients with acute cerebral infarction. Chinese Journal of Integrative Medicine, 19(2), 149-152. (2013)
15. He, M.Q., Liu, L., Ma, J., Li, J., Zhen, X.M., and Zhang, Y.Y. Risk factors and clinical features in ischemic stroke patients with different tongue conditions. Chinese Journal of Integrative Medicine, 1-9. (2016)
16. Ko, M.M., Park, T.Y., Lee, J.A., Kang, B.K., Lee, J., and Lee, M.S. A Study of Tongue and Pulse Diagnosis in Traditional Korean Medicine for Stroke Patients Based on Quantification Theory Type II. eCAM, 2013. (2013) <http://dx.doi.org/10.1155/2013/508918>
17. 유선애, 이승연. 허약(虛弱)을 주소(住所)로 내원한 환아(患兒)의 설진(舌診)에 대한 임상적 고찰. 대한한방소아과학회지, 15(2), 101-109. (2001)
18. 임종원, 유화승, 조정효, 손창규, 이연월, 조종관. 설진과 증양의 관계에 대한 연구. 대한한방종양학회지, 9(1) 89-97. (2003)
19. Kim, J., Han, G., Ko, S.J., Nam, D.H., Park, J.W., Ryu, B., and Kim, J. Tongue diagnosis system for quantitative assessment of tongue coating in patients with functional dyspepsia: a clinical trial. Journal of Ethnopharmacology, 155(1), 709-713. (2014)
20. Kim, J., Son, J., Jang, S., Nam, D.-H., Han, G., Yeo, I., Ko, S.-J., Park, J.-W., Ryu, B., and Kim, J. Availability of Tongue Diagnosis System for Assessing Tongue Coating Thickness in Patients with Functional Dyspepsia. eCAM, 2013. (2013) <http://dx.doi.org/10.1155/2013/348272>

21. Sun, Z.-M., Zhao, J., Qian, P., Wang, Y.-Q., Zhang, W.-F., Guo, C.-R., Pang, X.-Y., Wang, S.-C., Li, F.-F., and Li, Q. Metabolic markers and microecological characteristics of tongue coating in patients with chronic gastritis. *BMC CAM*, 13(227). (2013) <https://doi.org/10.1186/1472-6882-13-227>
22. Zhang, D., Pang, B., Li, N., Wang, K., and Zhang, H. Computerized Diagnosis from Tongue Appearance Using Quantitative Feature Classification. *The American Journal of Chinese Medicine*, 33(6), 859-66. (2005)
23. Jung, C.J., Nam, J. H., Jeon, Y. J., and Kim, K. H. Color Distribution Differences in the Tongue in Sleep Disorder. *eCAM*, 2014. (2014)
24. Kim, K.H., and Jung, C.J. Research of Color Features on the Tongue Surface in Evacuation and Sleep Disorders. *Integrative Medicine & Health*, 2014.
25. Jiang, M., Zha, Q., Lu, C., He, Y., and Lu, A. Association between tongue appearance in Traditional Chinese Medicine and effective response in treatment of rheumatoid arthritis. *Complement Ther Med.*, 19(3), 115-121. (2011)
26. Lo, L.C., Chen, C.Y., Chiang, J.Y., Cheng, T.L., and Lin, H.J., and Chang, H.H. Tongue diagnosis of traditional Chinese medicine for rheumatoid arthritis. *Afr J. Tradit Complement Altern Med.*, 10(5), 360-369. (2013)
27. Lin, R.Y., Yu, H.Y., Qin, J.Y., Li, Y.Y., Wang, Y.H., Yang, Y.Z., Yin, J.Z., Yu, J., Ni, J., and Yu, D.R. Association between tongue coating thickness and clinical characteristics among idiopathic membranous nephropathy patients. *Journal of Ethnopharmacology*, 171, 125-130. (2015)
28. Pang, B. and Zhang, D. Computerized tongue diagnosis based on bayesian networks. *IEEE Trans. Biomedical Engineering*, 51(10), 1803-1810. (2004)
29. Yue, X.-Q. and Liu, Q. Analysis of studies on pattern recognition of tongue image in traditional Chinese medicine by computer technology. *J. Chin. Integr. Med.*, 2(5), 326-329. (2004)
30. Zhang, H.Z., Wang, K.Q., Zhang, D., Pang, B., and Huang, B. Computer aided tongue diagnosis system. *Proc. the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference*, Shanghai, China, 6754-6757, 2005.

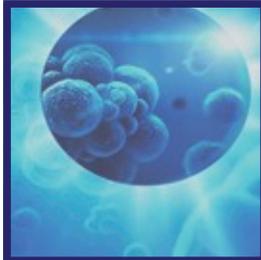
31. 정창진, 이유정, 김재욱, 김근호. 설진 시스템 특허동향 분석. 대한한의진단학회지, 17(2), 77-89. (2013)
32. Tongue Diagnostic System (TDS), www.skylarkdevice.com/diagnostic.htm
33. 김제균. 디지털 설진 시스템의 개발. 경희대 학사논문, 2005
34. 김근호, 도준형, 유현희, 김종열. 설진 기기의 시스템 구성 및 진단 방법 개발. 한국한의학연구원논문집, 14(3), 89-95. (2008)
35. Li, Q., Wang, Y., Liu, H., Guan, Y., and Xu, L. Sublingual vein extraction algorithm based on hyperspectral tongue imaging technology. *Comput Med Imaging Graph.* 35(3), 179-185. (2011) doi:10.1016/j.compmedimag.2010.10.001
36. Yamamoto, S., Tsumura, N., Nakaguchi, T., Namiki, T., Kasahara, Y., Terasawa K., and Miyake, Y. Regional image analysis of the tongue color spectrum. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 6(1), 143-152. (2011)
37. Artificial Intelligence Aided Tongue Manifestation Diagnosis System http://www.tellyes.com/page202?_l=en&product_id=74
38. http://www.dsmedics.co.kr/product/product05_01.php
39. Hu, M.-C., Cheng, M.-H., and Lan, K.-C. Color Correction Parameter Estimation on the Smartphone and Its Application to Automatic Tongue Diagnosis. *J Med Syst.*, 40(1), 18. (2016) doi:10.1007/s10916-015-0387
40. Zhang, Q., Shang, H.L., Zhu, J.J., Jin, M.M., Wang, W.X., and Kong, Q.S. A new tongue diagnosis application on Android platform. In: *Proceedings - 2013 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine*, Shanghai, 324-327. 2013 doi:10.1109/BIBM.2013.67327
41. Hu, M.-C., Zheng, G.-Y., Chen, Y.-T., and Lan, K.-C. Automatic Tongue Diagnosis Using a Smart Phone. In: *2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*. San Diego, California, USA, 2014 <http://www.csie.ncku.edu.tw/~klan/data/paper/pdf/tongue.pdf>

42. Li, G., Zhao, J., Li, J.X., Xiong, H., Lin, L., Tong, Y., and Zhang, B.J. Noninvasive prediction of red blood cell counts by normalized reflection spectroscopy for tongue inspection. *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi.*, 31(5), 1328–1331. (2011)
43. Lo, L.-c., Chen, Y.-F., Chen, W.-J., Cheng, T.-L., Chiang, J. Y. The Study on the Agreement between Automatic Tongue Diagnosis System and Traditional Chinese Medicine Practitioners. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012. (2012) doi:10.1155/2012/505063
44. Jiang, B., Liang, X., Chen, Y., Ma, T., Liu, L., Li, J., Jiang, R., Chen, T., Zhang, X., and Li, S. Integrating next-generation sequencing and traditional tongue diagnosis to determine tongue coating microbiome. *Scientific Reports*, 2(936). (2012) doi:10.1038/srep00936
45. Gareus, I., Rampp, T., Tan, L., Lüdtke, R., Niggemeier, C., Lauche, R., Klose, P., and Dobos, G., Introducing a computer-assisted, digital tongue-imaging device for standardization of traditional tongue diagnosis. *Forsch Komplementmed.*, 21(3), 190–196. (2014) doi: 10.1159/000365019
46. Huang, B., Wu, J., Zhang, D., and Li, N. Tongue shape classification by geometric features. *Inf Sci (Ny)*, 180(2), 312–324. (2010) doi:10.1016/j.ins.2009.09.016
47. Kanawong, R., Obafemi-Ajayi, T., Ma, T., Xu, D., Li, S., and Duan, Y. Automated Tongue Feature Extraction for ZHENG Classification in Traditional Chinese Medicine. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012. (2012) <http://dx.doi.org/10.1155/2012/912852>
48. Wei, C.-C., Huang, S.-W., Hsu, S.-L., Chen, H.-C., Chen, J.-S., and Liang, H. Analysis of using the tongue deviation angle as a warning sign of a stroke. *BioMedical Engineering*, 11(53). (2012) <https://doi.org/10.1186/1475-925X-11-53>
49. 신윤진, 김윤범, 남혜정, 김규석, 차재훈. 舌診의 진단적 의의에 대한 문헌고찰. *한방안이비인후피부과학회지*, 20(3), 118–126. (2007)
50. 박진웅, 강선경, 김영운, 정성태. ASM과 SVM을 이용한 설진 시스템 개발. *한국컴퓨터정보학회 논문지*, 18(4), 45–55. (2013)

51. Kim, J., Han, G.J., Choi, B.H., Park, J.W., Park, K., Yeo, I.K., and Ryu B.H. Development of differential criteria on tongue coating thickness in tongue diagnosis. *Complement Ther Med.*, 20(5), 316–22. (2012)
52. Jung, C.J., Jeon, Y. J., Kim, J. Y., and Kim, K. H. Review on the current trends in tongue diagnosis systems. *Integrative Medicine Research*, 1(1), 13–20. (2012)
53. 정창진, 김근호, 장준수, 전영주. 설 영상 획득을 위한 간접 조명 구현 및 평가. *전자공학회 논문지*, 51(11), 221–228. (2014)
54. Jung, C. J., Kim, K. H., Jeon, Y. J. and Kim, J. Improving color and shape repeatability of tongue images for diagnosis by using feedback gridlines. *European Journal of Integrative Medicine*, 6(3), 328–336. (2014)
55. Wu, J., Zhang, Y., and Bai, J. Tongue area extraction in tongue diagnosis of traditional Chinese medicine. *Proc. the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference*, Shanghai, China, 4955–4957, 2005
56. Li, W., Zhou, C., and Zhang, Z. The segmentation of the body of tongue based on the improved snake algorithm in traditional Chinese medicine. *Proc. the 5th world congress on intelligent control and automation*, 15–19, 2004
57. Pang, B., Wang, K., Zhang, D., and Zhang, F. On automated tongue image segmentation in Chinese medicine. *ICPR*, 1, 616–619, 2002
58. Kim, J., Jung, C. J., Nam, D.-H., Kim, K. H. Different trends of teeth marks according to qi blood yin yang deficiency pattern in patients with chronic fatigue. *European Journal of Integrative Medicine*, 12, 122–128. (2017) 10.1016/j.eujim.2017.05.004
59. Kim, K.H. and Jung, C. J., Estimation of Teeth Marks and Feasibility of Classification for Tongue Diagnosis, *ICCMR*, 2015
60. Jiang, L., Xu, W., Chen, J. Digital Imaging System for Physiological Analysis By Tongue Colour Inspection. *3rd IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications*, Singapore, 2008
61. 정창진, 김지혜, 남지호, 전영주, 김근호. 대변장애를 주증으로 하는 고령자의 혀 색상 히스토그램 특성 연구. *동의생리병리학회지*, 27(5), 683–687. (2013)

62. 김지혜, 주종천, 박수정, 김근호. 감기 환자와 건강대조군 간의 설 특성 비교연구: 탐색적 관찰연구. 대한동의생리병리학회지, 30(5), 320~326. (2016)
63. 김지혜, 소지호, 최우수, 김근호. 설진 기반 모바일 건강관리 애플리케이션 개발. 한국인터넷방송통신학회 논문지, 16(4), 65~72. (2016)
64. 소지호, 장준수, 김지혜, 김가혜, 최우수, 김근호. 모바일 설진기 개발을 위한 프로토타입 개발. The journal of Convergence on Culture Technology, 3(4), 207~212. (2017)





융합연구리뷰

Convergence Research Review

02792 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5
TEL. 02. 958. 4984



융합연구정책센터
Convergence Research Policy Center