

디지털 헬스케어

건강관리의 새로운 패러다임



디지털 헬스케어

건강관리의 새로운 패러다임

펴낸곳

한국과학기술한림원
031)726-7900

펴낸이

한 민 구

발행일

2020년 12월

홈페이지

www.kast.or.kr

기획·편집

배승철 한국과학기술한림원 정책연구팀 팀장
이동원 한국과학기술한림원 정책연구팀 주임
조은영 한국과학기술한림원 정책연구팀 주임
박주이 한국과학기술한림원 정책연구팀 주임

콘텐츠

정현섭 사이언스타임즈 기자

디자인·인쇄

경성문화사
02)786-2999

이 보고서는 복권기금 및 과학기술진흥기금의 지원을 통해 제작되었으며,
모든 저작권은 한국과학기술한림원에 있습니다.



발간사

2018년, 한국과학기술한림원은 젊은 과학자들의 생각과 아이디어를 담은 정책제안서인 ‘차세대리포트’를 신설했다. 그간 발간된 차세대리포트를 통해 ‘젊은 과학자를 위한 R&D정책’, ‘과학자가 되고 싶은 나라를 만드는 방법’, ‘수소사회’, ‘양자기술’ 등의 주제에 대해 우수한 젊은 과학기술인 그룹인 ‘한국차세대과학기술한림원(Young Korean Academy of Science and Technology, Y-KAST)’ 회원들과 젊은 과학자들의 목소리를 담았다.

‘영아카데미, 한국과학의 더 나은 미래를 위한 엔진’을 주제로 발간된 차세대리포트 2018-04호에서는 Y-KAST로 모인 젊은 과학기술인들은 어떤 목적을 향해 무슨 일들을 해나가야 하는지에 대한 설문조사와 소규모 인터뷰를 진행한 바 있다. 흥미롭게도 이들은 성별, 지역, 전공분야에 상관없이 일치된 바람을 드러냈다. Y-KAST는 정부와 젊은 연구자들 사이의 통로로 기능해야 하며 차세대 회원들은 후속세대 양성에 대한 깊은 책임감으로 미래를 위한 나침반이 되어야 한다고 입을 모았다.

3주년을 맞이한 올해의 차세대리포트도 이들이 제시한 두 개의 목표를 향해 나아갈 수 있는 발판이 되기를 바란다. 특히, 차세대리포트를 통해 미래 핵심기술의 연구개발 이슈와 함께 해당 분야에서 우리나라가 확실한 우위를 선점하기 위해서는 어떤 정책적 지원이 필요한지 살펴보고, 이공계 인재들이 진로를 선택하는 데 있어 도움이 될 만한 생생한 정보를 전달하고자 한다.

이번 차세대리포트 2020-04호에서는 인류의 건강수명 연장에 기여하게 될 ‘디지털 헬스케어’에 대해 소개한다. 디지털 헬스케어는 모바일 산업과 ICT 기술의 발전과 함께 4차 산업혁명의 도래로 급부상하고 있으며, 코로나19 사태를 계기로 성장의 속도를 더해가고 있다.

이런 흐름 속에서, 한국차세대과학기술한림원 소속 과학자들이 수행한 디지털 헬스케어 연구 성과에 대해 면밀히 살펴보고자 한다. 빅데이터 기반의 건강영양관리와 질병 진단·관리, 설명 가능한 의료 인공지능에 대해 소개하는 한편, 디지털 헬스케어의 인간-기계 인터페이스를 구현하는 핵심기술인 고성능 센서 기술에 대해 알아본다. 미래를 견인할 우수한 연구와 통찰력 있는 연구현장의 정책 제언이 디지털 헬스케어 분야의 국가 경쟁력을 높이는데 기여할 수 있기를 기대한다.

2020년 12월
한국과학기술한림원 원장
한 민 구



함께해주신 분들

이정은



서울대학교 식품영양학과 교수

서울대학교 영양역학 연구실에서 식사요인과 만성질환 발생 및 예후와의 연관성, 영양 유전체 역학 연구, 영양역학 방법론, 영양상태 측정 및 모니터링 연구를 수행하고 있다. 특히 보건의로 빅데이터를 활용해 영양요인과 질병과의 연관성 및 영양요인과 유전요인과의 상호작용을 규명하는 연구 수행으로 주목을 받고 있다. 디지털 헬스케어 도구를 이용한 영양관리 연구와 ICT 도구를 이용한 영양 평가 연구, 영양요인에 따른 질병 관리 및 예방 연구에 대해 소개한다.

박상민



서울대학교 가정의학과 교수

서울대학교 의과대학에서 의료시스템 데이터 사이언스를 연구하고 있다. 임상 진료와 함께 주로 암 치료가 끝난 암 생존자의 장기건강 관리를 지원하고 있으며, 의료-환경-생활 융합 데이터베이스를 구축하고, 이를 활용하여 근거 중심의 헬스케어 서비스를 개발하는데 주력하고 있다. 아울러, 의료 빅데이터를 활용한 설명가능 의료 인공지능 방법론을 개발하고 적용하는 연구를 활발히 수행하고 있다. 보건의로 빅데이터를 활용한 디지털 헬스케어와 의료 인공지능의 현재에 대해 소개한다.

박인규



카이스트 기계공학과 교수

카이스트 기계공학과 초미세 트랜스듀서 연구실에서 IoT 마이크로·나노 센서, 웨어러블 센서 등 센서 관련 연구를 수행하고 있다. 마이크로·나노기술을 토대로 초소형, 저전력, 고성능 가스 센서의 설계 제조 및 응용 기술과 함께, 이를 모바일, 웨어러블 및 IoT 플랫폼에 집적시키는 연구에 집중하고 있다. 사람의 자세나 움직임을 측정할 수 있는 유연·신축성 센서, 암 진단과 치료에 활용할 수 있는 센서 어레이 기술, 육창 예방 부착형 압력 센서 어레이 기술을 개발하여 디지털 헬스케어 발전에 기여하고 있다. 고성능 센서와 IoT 기반의 디지털 헬스케어 기술에 대해 소개한다.

들어가기

I

빅데이터와 고성능 센서를 활용한 디지털 헬스케어

- | | |
|-------------------------------|----|
| ① 건강영양관리 측면에서의 디지털 헬스케어 | 08 |
| ② 빅데이터를 활용한 디지털 헬스케어와 의료 인공지능 | 12 |
| ③ 고성능 센서와 IoT 기반의 디지털 헬스케어 | 15 |

II

통합 빅데이터 구축 및 개방과 고성능 센서 투자 전략

- | | |
|---|----|
| ① 계획된 빅데이터 구축이 필요하다 | 18 |
| ② 빅데이터 공유와 개방, 디지털 헬스케어 발전의 열쇠 | 19 |
| ③ 고부가가치 센서를 위한 연구와 인력 투자,
산업의 선순환 구조가 필요 | 20 |

의학과 과학기술의 발달로 인간의 수명은 크게 늘어났고, 효율적이고 효과적인 건강관리에 대한 관심과 요구가 점점 증가하고 있다. 이에 따라 의학뿐만 아니라 영양학, 각종 공학 분야의 다양한 기술이 접목된 연구와 서비스가 지속적으로 등장했고, ‘디지털 헬스케어’가 탄생하기에 이르렀다. 여기에 4차 산업혁명이 도래하면서 디지털 헬스케어는 한 단계 높은 차원으로 발전했다. 스마트 기기의 확산과 IoT(사물인터넷)의 발달, 빅데이터 활용 증가, 인공지능의 발달과 함께, 4P 의학(Preventive 예방, Prediction 예측, Personalized 맞춤, Participatory 참여)이 강조되면서, 디지털 헬스케어는 연구의 범위와 깊이가 더욱 넓어지고 있다. 또한, 2020년 코로나19 바이러스가 창궐하면서 디지털 헬스케어 시장은 성장이 가속화되고 있다.

디지털 헬스케어는 정확한 용어의 정의나 범주가 확립되어 있지 않아 다양하게 해석되고 있다. 세계보건기구 (World Health Organization, WHO)는 디지털 헬스를 빅데이터, 유전체학 및 인공지능뿐만 아니라 첨단 컴퓨팅 과학의 사용과 같은 신종 분야를 비롯하여 모바일헬스(mHealth)를 포함한 이헬스(eHealth)까지 포괄하는 것으로 정의하고 있으며, 미국식품의약국(FDA)는 2020년 모바일헬스, 보건정보기술, 웨어러블 기기, 원격의료와 원격진료 그리고 개인맞춤형 의료와 같은 범주를 포괄하는 광범위한 개념으로 정의하고 있다.

디지털 헬스케어는 최근 ‘빅데이터’의 구축과 활용을 통해 새로운 패러다임을 맞고 있다. 빅데이터를 활용해 새로운 인사이트를 도출하고, 이를 근거로 맞춤형 헬스케어 서비스를 제공한다는 것이 하나의 공식처럼 자리 잡고 있다. 식품영양학, 의학, 전자·기계 등 헬스케어를 구현하는 학문 스펙트럼이 굉장히 넓은데, 이러한 다양한 분야에서 빅데이터 활용을 통해 동시다발적으로 약진하는 모습이 나타나고 있다.

디지털 헬스케어에서 가장 큰 축을 담당하는 빅데이터는 바로 ‘보건의료 빅데이터’이다. 보건의료 빅데이터는 우리나라에서도 국가적 차원에서 굉장히 높은 수준으로 구축·관리되고 있으며, 공공의 목적으로 개방되어 연구에 활용되고 있다. 보건의료 빅데이터는 개인별 질병 요인을 파악하거나 관리할 수 있도록 만드는 토대를 마련해준다. 또한 식품영양, 환경 등 다양한 영역의 데이터와 조합하여 기존에 없던 새로운 인사이트를 도출하는 데에 적극 활용되고 있다.

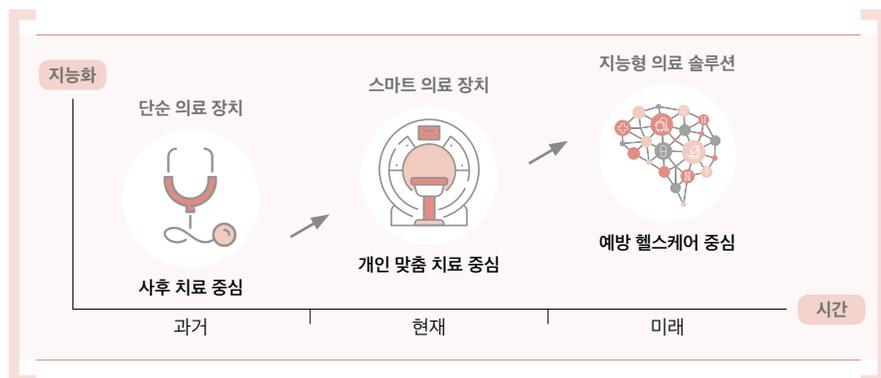
빅데이터를 기반으로 하는 ‘인공지능’ 또한 디지털 헬스케어의 새로운 패러다임을 견인하고 있다. 인공지능은 알고리즘, 패턴 매칭, 심층학습(딥러닝) 등을 이용하여 질병을 예측하고, 맞춤형 치료 및 관리를 제공하도록 도움을 준다. 정확한 영양평가와

함께 개인의 식생활이 질병에 어떤 영향을 미칠지 예측하기도 하고, 어떤 음식을 줄여야 할지, 더 섭취해야 하는지 맞춤형으로 제시해주기도 한다. 인공지능을 활용한 디지털 헬스케어 서비스는 모바일의 형태로 대중들에게 가까워지고 있다. 또한 공급자와 치료 중심에서 수요자와 예방관리 중심으로의 전환을 가속화하고 있다. 예를 들면 개인이 스마트폰을 활용해 스스로의 식습관을 모니터링하고 조절해나가는 능동적인 건강관리가 가능해지고 있는 것이다.

한편, 디지털 헬스케어는 고성능 센서의 개발에 힘입어 더 높은 수준으로 발전할 것으로 기대되고 있다. 초소형, 저전력 가스 센서는 건강에 해를 끼칠 수 있는 공기오염 물질을 신속하고 정확하게 검출하여 호흡기 질병, 피부질환, 암 등 다양한 질병을 예방할 수 있도록 돕는다. 그리고 사람의 움직임, 맥박 등 압력 분포를 측정하는 고성능 센서는 정밀하고 정확한 디지털 헬스케어를 구현하도록 해준다. 이외에도 환자에게 직접 사용할 수 있는 의료용 센서는 암 진단 등에서 요구되는 고차원적인 혈액 성분 측정을 가능케 한다. 또한 사람의 움직임에 따라 반응하는 웨어러블 압력 센서는 거동이 불편한 환자들에게 종종 발생하는 욕창을 예방하도록 도움을 주기도 한다. 이러한 의료용 센서의 발달은 디지털 헬스케어 뿐만 아니라 정밀 의학을 구현하는데 크게 기여할 것으로 예상되며, 나아가 IoT 기술과 접목되어 다차원적인 기술 발전을 이룩할 것으로 기대되고 있다.

이번 차세대리포트에서는 빅데이터와 인공지능, 고성능 센서를 기반으로 발전할 디지털 헬스케어 연구에 대해 소개하고자 한다. (1) 영양평가 및 관리 측면에서의 디지털 헬스케어, (2) 보건의료 빅데이터를 활용한 연구와 의료 인공지능의 발달, (3) 헬스케어 영역에서 발전하고 있는 고성능 센서에 대해 중점적으로 살펴본다.

◆ ☆ 그림 1' 디지털 스마트 헬스케어 패러다임



건강영양관리 측면에서의 디지털 헬스케어



건강을 위해 식습관과 영양관리를 중요하게 생각하는 시대가 열렸다.

영양진단 및 관리 측면에서의 디지털 헬스케어는

건강을 위해 영양을 어떻게 평가하는지,

영양요인이 질병에는 어떤 영향을 미치는지,

질병 예방을 위해 개인의 식단을 어떻게 바꿔야 하는지까지 전 과정에 기여하고 있다.

영양평가와 질병관리를 도와주는 디지털 헬스케어

디지털 헬스케어는 건강영양관리 측면에서 지속적으로 발전하고 있다. 건강영양관리를 위해서 우리가 먹는 음식을 잘 선택해야 하는데, 영양 상태를 평가하고 관리하거나 영양이 요인이 되는 질병을 예방하기 위해 다양한 디지털 헬스케어 기술이 접목되고 있다.

우리가 영양을 관리하기 위해서는 우선 영양을 평가(진단)하는 것이 첫 번째 단계이다. 영양평가는 영양결핍이나 영양만성질환 분포를 보기 위해서 반드시 필요한 과정이다. 과거에는 영양 평가 도구로 ‘중이 기반의 인터뷰’에 의존했다면 최근에는 ICT를 이용한 도구들이 많이 활용되고 있으며, 이로 인해 좀 더 효율적이고 정확한 영양평가가 가능해지고 있다. 현재는 관련 웹이나 SW를 기본으로 사용하고 있으며, 미래에는 모바일이나 사물인터넷, 인공지능을 이용해서 영양을 판정하는 새로운 디지털 헬스케어의 시대가 다가올 것으로 예상되고 있다.

영양평가 도구의 발달에 이어 여러 영양요인이 개인의 질병에 어떤 영향을 미치는가에 대한 연구도 함께 발전하고 있다. 과거에는 질병의 요인을 판단 할 때 영양보다는 유전적 요인을 위주로 판단했지만 이제는 식생활과 같은 생활습관을 중요한 요인으로 바라보고 있다. 영양관리 측면에서 특정 질병이 어떻게 발생하였는지를 판단해보는 것이다. 이 분야는 인구 집단레벨에서 연구하는 분야로서, 빅데이터 구축과 분석의 발달에 따라 다양한 연구 성과가 도출되고 있다. 국내에서는 20만 명 이상의 건강지표와 영양요인을 포함한 빅데이터를 활용하여 커피 섭취가 사망위험을 낮추는지를 규명하는 연구가 진행되기도 하였으며 30만 개 이상의 단일염기 다형성 분석을 통해 커피섭취와 관련이 있는 다형성을 확인하고 이에 따라 커피섭취와 당뇨병의 연관성이 다르지 보는 유전자-환경 상호작용 연구가 진행된 바 있다. 다만 이렇게 빅데이터를 활용할 경우에도 물론 영양평가 과정이 필요하며 인구집단을 대상으로 진행되는 연구이기 때문에 최대한 많은 표본을 수집하여 식습관 특징과 함께 질환을 체크하는 것이 중요하다. 그 이후 영양관리를 통해 이 질환을 어떻게 예방·관리할지를 판단한다. 이렇게 빅데이터를 활용한 영양과 질병과의 관계를 규명하는 연구는 앞으로도 지속적인 발전을 이어갈 것으로 전망되고 있다.

실제적인 영양관리를 위한 모바일 헬스케어

건강영양관리 측면에서의 디지털 헬스케어는 영양을 평가해주는 것뿐만 아니라 실제로 권고사항을 잘 지키고 있는지 등의 관리까지 도와주는 시스템이 마련되고 있으며, 개인과 밀접하게 맞닿아 있는 휴대폰을 활용한 모바일 헬스케어가 주목되고 있다. 예를 들어 모바일을 활용하여 본인이 섭취한 음식의 데이터를 입력하면 어떠한 음식을 섭취해야 하는지 등에 대한 피드백을 받을 수 있으며, 피드백을 잘 실천할 수 있도록 관리하는 부분까지도 모니터링 받을 수 있게 되는 것이다.

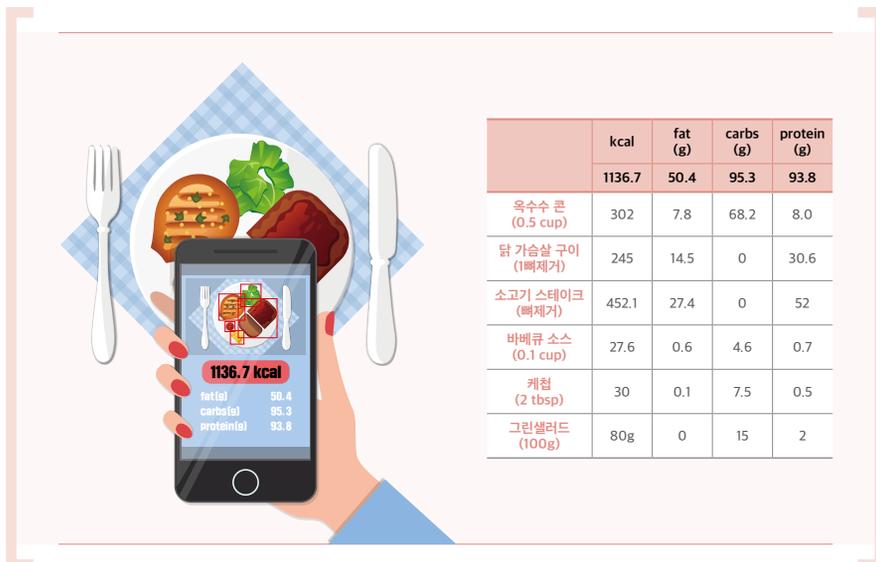
국내에서는 이런 모바일 헬스케어 서비스로 'Well-D'라는 식생활 관리 모바일 앱(app)이 개발되기도 했다. Well-D 앱은 시중에 출시된 일반적인 식생활 관리 앱 들에 비해 더 많은 영양소에 대한 피드백을 제공하였으며, 양질의 데이터베이스를 활용하여 정확도를 높였다. 또한, 주요 영양소 섭취에 기여하는 식품을 산출하도록 하여 특정 식품섭취를 줄이도록 하는 등 구체적인 맞춤형 피드백을 제공했다. 또한, Well-D를 이용한 체중감량 임상 시험까지 수행되기도 했다.

다만, 모바일 앱을 통한 서비스의 활성화는 학계와 산업계의 긴밀한 협력이 필수적이다. 식품영양학과 같은 학계에서는 전문성 있는 콘텐츠를 제공하기에 유리하며, 산업계는 실질적인 앱 개발과 인터페이스 구축의 측면에서 강점을 갖고 있기 때문이다.

카메라와 인공지능을 활용한 영양관리

영양관리 측면의 디지털 헬스케어 기술과 관련된 다양한 연구들이 주목받고 있는데, 특히 인공지능 기술과의 접목에 많은 관심이 집중되고 있다. 인공지능이 식생활 데이터를 학습하고 사용자에게 콘텐츠를 제공하는 것이다. 예를 들어, 휴대폰 카메라를 통해 음식 이미지를 촬영하면 학습 데이터를 토대로 음식을 인식한 후 칼로리를 계산하고

◆ ☆ 그림 2' 카메라와 인공지능을 활용한 영양관리



영양성분을 분석해 준다. 음식의 이미지만을 통해서도 칼로리와 식사패턴을 분석하여 다이어트에 도움을 주거나 식사 기록 및 혈당과 음식의 관계를 파악해 당뇨병과 같은 만성질환 관리가 가능하게 되는 것이다.

이러한 식생활 관리 인공지능을 구현하기 위해서는 다양한 음식 이미지를 기초 데이터로 구축하고 있어야 한다. 이미지를 통해 음식이 어떤 것인지 인식하는 것은 현재 기술 수준으로도 높은 정확도를 구현하고 있지만 칼로리 계산이나 영양성분 분석 및 계산은 정확도 개선을 위한 노력이 계속되고 있다. 우선 음식별로 더 많은 데이터를 구축해 가야 한다. 국가나 지역에 따른 변수에 대응할 수 있도록 지역적 특성 등을 고려한 우리나라 한식의 데이터베이스를 구축하는 것이 요구되고 있다. 또한 인공지능이 이미지 인식을 통해 칼로리를 계산하려면 음식의 질량이나 부피에 대한 정보를 얻을 수 있어야 한다. 2D 사진만으로도 음식의 질량과 부피를 정확히 구할 수 있는 방향으로 기술을 개선해간다면 더 높은 수준의 디지털 헬스케어가 가능할 것으로 판단된다.

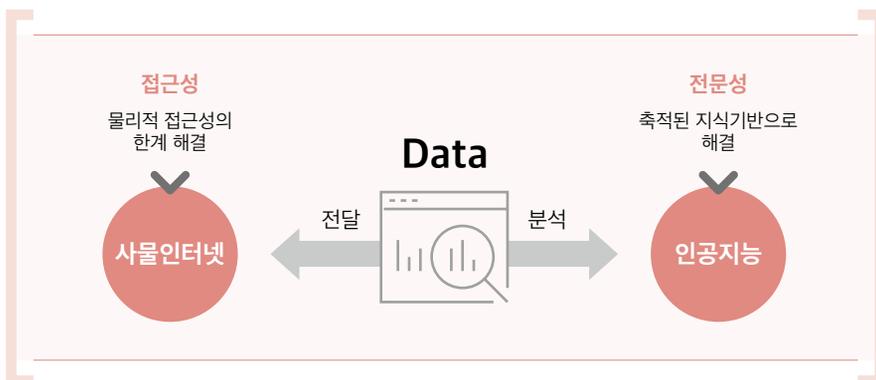
빅데이터를 활용한 디지털 헬스케어와 의료 인공지능

보건의료 빅데이터를 활용한 질병 진단 및 관리

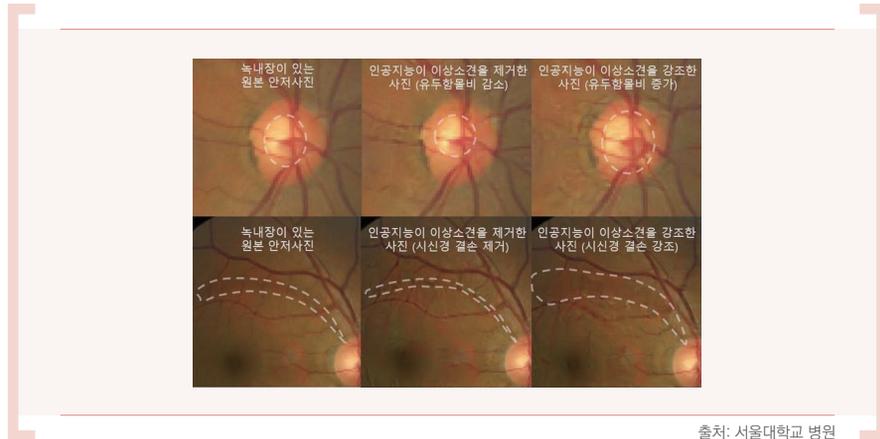
디지털 헬스케어는 질병진단 및 관리 측면에서도 눈부신 발전을 이루고 있다. 보건의료 빅데이터 활용이 높아지면서 우리 사회에서 충족되지 못한 의료 서비스에 대한 수요를 발견할 수 있게 되었다. 현재는 보건의료 빅데이터의 양과 질이 개선되면서 과거에 비해 연구에 적합한 데이터를 확보하는 것이 유리해지고 있다. 질병관리청의 국민건강영양조사와 한국 유전체 역학조사 자료뿐만 아니라 국민건강보험공단의 국가건강검진 자료, 보험청구 자료 등 양질의 보건의료 빅데이터가 매일 매일 빠르게 업데이트되고 있기 때문이다. 또한, 인공지능에 활용할 수 있는 의료영상데이터도 상당히 많은 양이 공개되어 활용할 수 있게 되었다.

보건의료 빅데이터를 활용하면 특수 인구집단의 건강문제에 초점을 맞추어도 충분한 대상자 수를 확보할 수 있다. 이를 이용해 만성질환을 관리·예방함으로써 궁극적으로 건강을 증진할 수 있는 다양한 연구들이 진행되고 있다. 암 경험자의 2차 암 예방 연구에 활용된 사례가 대표적인 예다. 건강보험공단의 전체 암 환자 자료를 기반으로 국내 실정에 맞는 암 경험자의 2차 암 예방 및 만성병 관리 모델에 대한 연구가 수행되고 있으며, 이를 근거로 실제 진료에 활용된 바 있다.

◆ ☆ 그림 3' 디지털 헬스케어와 빅데이터



◆ **그림 4'** 원본 안저사진(왼쪽)과 적대적 설명 방법론을 적용해 생성된 안저사진(가운데, 오른쪽)



만성병 관리 및 건강증진 연구에서도 보건의료 빅데이터가 적극 활용되고 있다. 20-30대 전수 자료를 분석하여 젊은 연령층의 혈압관리, 건강 체중관리가 향후 심혈관 질환을 줄일 수 있다는 것이 밝혀졌다. 이에 따라 젊은 청년들을 위한 타당도가 검증된 국가검진 항목을 개발하고, 생활습관 의학 근거에 기반을 둔 다양한 연구들은 새로운 임상 근거들을 도출해 냈다. 그리고 이를 토대로 국가 건강검진의 대상을 20-30대까지 확대하는 정책이 2019년부터 시행되고 있다.

진단의 정확성과 설명가능성 겸비한 의료 인공지능 주목

보건의료 빅데이터를 활용한 디지털 헬스케어는 인공지능을 통해 기술적 수준이 한층 높아졌으며, 특히 의료 인공지능이 접목된 디지털 헬스케어 분야는 매우 빠르게 발전하고 있다. 불과 4년 전만해도 인공지능 의학연구는 뛰어난 진단 정확도를 보여주는 것만으로도 혁신적이라는 평가를 받았다. 하지만 2년 전부터 진단의 정확도는 물론이고, 개발된 의료인공지능 도구가 의료 현장에서 어떠한 임상적 유용성(clinical implication)이 있는지 증명하고, 이를 통해 의료진에게 실질적인 도움을 줄 수 있음을 인정을 받는 것이 중요해졌다. 다행히 최근에는 활용할 수 있는 보건의료 빅데이터가 많이 늘어나면서 실제임상근거(Real World Evidence)를 제시할 수 있는 토대가 마련되고 있다. 의료 인공지능 도구의 임상적 유용성을 제시할 때에도, 보건의료 빅데이터와 연계를 통한 실제임상근거도 함께 제시할 수 있다면 인공지능 의학연구의 가치는 더욱 돋보일 것이다.

이러한 의료 인공지능은 ‘설명가능 함’이 중요한 트렌드로 인식되고 있다. 의료행위는 기본적으로 의사-환자 관계를 기반으로 한 소통을 통해 이루어진다. 의사는 자신이 이해하여 판단한 내용을 환자에게 ‘설명’ 하는 소통을 하기 때문이다. 새로운 보건의료 인공지능의 진단 정확도가 아무리 높다고 하더라도 그 진단이 어떻게 이루어졌는지에 대해 의사가 이해하지 못한다면 이를 환자에게 설명하기 어렵다. 이에 따라 정확한 진단은 물론 진단에 이르기까지의 과정을 포함한 ‘설명’을 제공하는 보건의료 인공지능이 주목되고 있다.

우리나라에서는 녹내장 진단에서 이러한 의료 인공지능이 활용되었다. 인공지능이 의사결정을 내린 근거인 위치정보를 히트맵(heat map) 형태로 제시하는 것을 넘어서 진단의 근거가 되는 의학적 소견까지 제공하는 ‘설명 가능한’ 인공지능이 개발되고 있다. 이러한 인공지능을 활용할 때 의료진은 인공지능의 판단에 대해 훨씬 더 높은 신뢰를 보이는 것으로 나타났다.

미래의 보건의료 디지털 헬스케어와 의료 인공지능

디지털 헬스케어의 발달은 의료진과 환자의 거리를 ‘멀게’ 하는 것이 아닌 ‘가깝게’ 만드는 것을 목표로 한다. 앞서 살펴본 의료 인공지능 영역도 휴머니징 인공지능(Humanizing AI)을 실현할 수 있을 때 더욱 가치를 인정받을 수 있을 것이다. 다시 말해 의료진이 환자를 돌보는 것에 집중할 수 있도록 지원을 해주는 의료 인공지능만이 향후 본질적인 경쟁력을 갖추어 살아남을 가능성이 높은 것이다.

2020년 코로나19 위기로 개인 의료정보뿐만 아니라 위치 정보 및 소비활동 정보 등을 융합한 전방위적 감염병 관리의 가능성을 엿볼 수 있었다. 이러한 사례처럼 앞으로 보건의료 빅데이터를 활용한 디지털 헬스케어 연구는 기존과 다른 차원으로 발전할 것으로 예상되고 있다. 특히 전 국민 단위의 국가 보건의료 빅데이터 플랫폼에 다양한 영역의 데이터를 결합함으로써 전에 없던 새로운 인사이트를 도출할 수 있을 것이다. (1)대기오염이나 교통정보, 녹지접근도와 같은 국토-환경 데이터, (2)개인 수준의 유전정보, 단백질 정보 및 IoT 기술을 통해 생성된 라이프(Life) 로그정보, (3)SNS 데이터와 같은 생활-경제 정보와의 통합적인 연구가 늘어날 것이며, 궁극적으로 의료-환경-생활이 융합된 데이터베이스가 구축된다면 이를 근거로 한 디지털 헬스케어 서비스는 더욱 높은 수준에 도달할 것으로 판단된다.

고성능 센서와 IoT 기반의 디지털 헬스케어



고성능 센서 또한 미래 디지털 헬스케어를 주도할 분야로 주목된다. 센서 기술의 발전은 환경 모니터링부터 웨어러블 건강 모니터링, 스마트 의료용 센서 등에서 한 차원 더 높은 수준의 정밀 측정을 가능케 해준다. 오염물질별로 대기 농도를 측정해주는 환경 모니터링 센서는 유해가스로 인한 호흡기 질병, 발암 물질 노출, 신선하지 않은 음식의 섭취로 인한 질병 등을 예방할 수 있게 도와준다. 또한, 정확도를 높인 웨어러블 모션·생체 신호 센서, 각종 의료 진단·시술·수술용 센서는 인간-기계를 연결하는 스마트 디지털 헬스케어를 구현해주고 있다.

환경 모니터링 센서, 오염 물질별 정량화된 데이터를 수집한다

환경 모니터링 센서는 환경오염 및 위해 물질의 존재 유무, 종류 및 농도를 정량적으로 파악하는데 활용된다. 오염 물질마다 위험성의 정도와 일정 시간 동안 노출 가능한 안전 농도 범위가 다르기 때문에 물질의 종류, 농도를 정확히 구분해 내는 것이 중요하다. 건강에 해를 끼칠 수 있는 일산화탄소, 이산화질소, 황화수소, 휘발성 유기화합물 등의 공기오염 물질을 신속하고 정확하게 검출한다면 호흡기 질병, 피부질환, 암 등 다양한 질병을 예방하는데 도움을 줄 수 있다.

국내외에서 최근 마이크로·나노기술을 기반으로 한 초소형, 저전력, 고성능 가스 센서를 모바일, 웨어러블 및 IoT 플랫폼에 집적하는 연구가 활발히 수행되고 있다. 예를 들어 여러 개의 센서를 하나의 칩에 집적하게 되면 공기 중에 있는 다양한 오염물질의 농도를 구분하여 동시에 측정할 수 있게 되는 것이다. 이러한 가스 센서는 MEMS 기술(초소형 센서 칩 기술)을 기반으로 제작되어 기존의 환경 센서에 비해 크기가 작고 전력 소모도 훨씬 적다. 센서가 작아지면 소형 측정기기 및 모바일 기기에 탑재하여 개인이 주변의 공기 오염상태를 모니터링할 수 있다. 이러한 환경 모니터링 센서는 환경 오염물질 측정뿐만 아니라 다양한 디지털 헬스케어 분야에 응용될 수 있다.

웨어러블 센서, 인간과 기계를 연결하여 헬스케어 구현

신체에 부착 가능하고 기계적으로 유연한 소재로 만들어진 웨어러블 센서도 다양한 연구가 수행되고 있다. 사람이 서 있거나 앉아있는 상태에서 발생하는 관절의 각도나 신체 내의 압력 분포는 건강한 생활을 유지하는 데 밀접한 관계가 있다. 웨어러블 센서는 착용이 편리할 뿐만 아니라 큰 움직임부터 미세한 신체 동작까지 감지할 수 있으며, 맥박과 같은 생체신호도 감지할 수 있다. 이를 통해 건강한 운동 패턴, 맥박의 변화, 실시간 혈압 측정 등을 효과적으로 수행함으로써 건강한 일상생활을 유지할 수 있도록 도움을 줄 수 있다.

국내·외에서 사람의 자세, 움직임, 맥박, 압력 분포 등을 측정할 수 있으면서 유연·신축성을 갖춘 ‘웨어러블 인장 및 압력 센서’ 기술 개발이 활발히 진행되고 있다. 일반적인 센서는 전기저항 변화, 정전용량 변화, 발생 전압을 측정하는 전기적 방식을 메커니즘으로 한다. 그러나 이러한 ‘전기적 방식’은 안정성과 정확성 측면에서 한계를 갖는다. 최근 국내에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 빛의 변화를 측정하는 ‘광

투과 방식' 웨어러블 인장 센서가 개발되었다. 광 투과 방식은 착용자의 움직임에 따라 나노복합소재의 광학적 특성이 변화하는 원리를 활용한다. 이러한 광 투과 방식의 센서는 미래에 디지털 헬스케어를 위한 웨어러블 모션 감지뿐만 아니라, 인간-기계 인터페이스 시스템에 다양하게 활용될 것으로 예상된다.

의료용 센서, 암 치료부터 욕창 관리까지 다양하게 활용

다양한 의료용 센서의 개발도 디지털 헬스케어의 발전을 견인하고 있다. 특히 암 진단·치료 분야에서의 적용이 주목된다. 최근에 국내에서 개발된 암조직 생검 (biopsy) 바늘 탑재형 센서는 조직생검 시술에서 바늘이 맞닿고 있는 조직의 물리·화학적 특성들을 측정하여 조직 생검시 정확한 조직 샘플 채취를 도와 암 진단 정확성을 높여주는데 기여한다.

의료용 센서는 암 치료법 중 하나인 고주파 열 치료 시술을 할 때에도 사용된다. 고주파 열치료 프로브 바늘 끝단에 플렉서블 압력·온도 센서를 집적하여 고주파 열치료 중에 실시간으로 조직 내의 압력과 온도를 모니터링함으로써 치료 안전성을 높여줄 수 있다. 이 센서 기술은 국내 KAIST 연구진에 의해 세계 최초로 개발되었으며, 2019년 임상시험을 성공적으로 마치고, 실제 상품화에 성공해 제품으로 출시되기도 했다.

의료용 센서는 장기간 거동이 불편한 환자들에게 발생할 수 있는 조직 괴사인 욕창을 예방하기 위해 활용되기도 한다. 욕창은 피부에 일정 시간 이상 지속적인 압력이 가해질 때 피부가 얇고 뼈가 돌출된 부위에서 발생되기 쉬운데, 주로 거동이 불편한 뇌졸중 환자, 전신·반신 마비 환자들이 종종 겪는다. 욕창을 예방하기 위해 개발된 웨어러블 압력 센서는 환자 인체의 주요 부위에 부착되어 피부 압력 분포를 모니터링 해준다. 그리고 IoT 기반의 실시간 무선 네트워크를 통해 일정 시간 이상 압력이 가해지면 간호사에게 환자의 자세를 바꾸어 줄 것을 알려주게 된다. 이러한 사례와 같이 환자의 상태를 상시 모니터링하여 건강관리 및 질병 발생 예방에 도움을 주는 디지털 헬스케어가 활발히 개발되고 실용화가 이루어지고 있다.

계획된 빅데이터 구축이 필요하다



디지털 헬스케어를 가능하게 하는 것은 양질의 빅데이터이다.

빅데이터는 구슬을 꿰는 것처럼 잘 연결함으로써 새로운 가치를 만들어낼 수 있다.

빅데이터의 확보 수준을 개선하고, 이를 어떻게 활용할 것인지에 대한

고민이 필요하다. 국가차원의 일관된 목표 설정과 관리체계 구축,

그리고 관련 법·제도적 장치 마련이 요구되고 있다.

디지털 헬스케어를 견인하는 동력이 ‘빅데이터’인 만큼 데이터를 어떻게 구축하고 관리하느냐는 매우 중요하다. 건강영양 관리 측면에서 영양평가의 질을 높이기 위해서는 연구와 산업을 위한 빅데이터의 수집이 반드시 필요하다. 어떤 항목을 조사할지 미리 계획하고 이에 필요한 데이터를 적절히 수집함으로써 데이터 품질을 높이는 것이다. 이러한 품질 높은 데이터를 만들기 위해서는 국가차원의 장기적인 투자 및 제도 마련이 필요하다.

미국은 정밀의료 추진계획(Precision Medicine Initiative, PMI)을 통해 대규모 코호트를 구축하여 연구용 데이터를 확보하고 있다. 국내에서는 질병관리본부가 한국인유전체역학조사사업(KoGES)을 통해 24만 명을 대상으로 빅데이터 코호트를 구축했으며, 15년여 동안 후속조치를 진행하고 있다. 이와 같은 대규모 장기 연구를 위한 코호트 구축을 통해 품질 높은 데이터를 구축할 수 있게 되며, 도출되는 연구 결과와 성과 또한 우수하게 나타나게 됨으로써 디지털 헬스케어까지 이어지는 서비스 또한 개선해 갈 수 있게 되는 것이다.

빅데이터 공유와 개방, 디지털 헬스케어 발전의 열쇠

보건의료 빅데이터를 통합하여 구축·활용하는 데에는 여전히 한계점이 존재하고 있다. 보건의료 빅데이터는 공공 영역에서 수집되는 것과 민간 영역에서 수집되는 것으로 나눌 수 있는데, 공공 데이터는 보건복지부를 비롯한 다양한 부처가 관할하며 민간 데이터는 의료기관의 임상 데이터와 개인 SNS나 모바일을 통해 수집된 데이터 등이 있다. 보건의료 빅데이터를 원활히 활용하기 위해서는 이렇게 다원화 된 데이터들을 효과적으로 수집할 수 있는 체계가 필요하다. 이를 위해 공공 영역에서는 보건의료 빅데이터를 통합·활용할 수 있는 법적, 기술적, 정책적 시스템 마련이 요구되고 있다. 아울러 민간영역에서는 병원과 같은 의료기관이 보유하고 있는 임상 데이터를 공유하여 활용할 수 있는 제도적 기반 구축과 통합 플랫폼 마련이 필요하다.

빅데이터 공유 제도를 체계적으로 마련하고 접근성을 개선함으로써 디지털 헬스케어와 관련된 차세대 연구의 발전을 이룰 수 있으며, 이를 국민의 편익을 높이는 다양한 건강관리 및 의료 서비스 제공까지 이어가야 할 것이다. 다만, 특정 서비스 산업 발전에만 중점을 두어 R&D를 확대하거나 규제를 개선하려고 하기 보다는 것보다는 중장기적인 국가적 차원의 빅데이터 공유 전략을 구축해 갈 때 더 높은 효과를 기대할 수 있을 것이다.

데이터의 원활한 공유를 위해서는 개인정보 보호가 산업과 학문 발전을 저해하지 않도록 타협점을 마련하는 것도 필요하다. 보건복지부와 개인정보보호위원회는 2020년 9월 ‘보건의료 데이터 활용 가이드라인’을 통해 데이터의 사회적 활용과 개인정보 보호가 균형을 이룰 수 있는 장치를 마련했다. 보건의료 빅데이터를 과학적·산업적 연구를 목적으로 활용할 수 있는 환경을 조성하기 위함이다. 이러한 데이터 개방을 위한 제도적 장치들은 디지털 헬스케어 산업의 발전을 위한 초석이 될 것으로 기대된다. 다만, 보건의료 데이터 활용 가이드라인이 법률에 근거한 의무사항은 아니기에 그 실효성에 대해서는 좀 더 지켜봐야 할 것이며, 향후 데이터 개방과 관련한 법적인 제도 마련이 필요할 수 있다. 궁극적으로는 국민의 자기결정권을 존중할 수 있는 데이터 활용 정책을 통해 데이터를 자발적으로 공유하는 사회적 분위기를 조성하는 것이 바람직할 것이다.

고부가가치 센서를 위한 연구와 인력 투자, 산업의 선순환 구조가 필요



디지털 헬스케어를 구현하는 센서 분야의 경우에는 장기간 많은 기술적 노력과 재정적 투자가 필요하다. 특히 부가가치가 높은 고신뢰성, 고성능 센서 및 기존에 존재하지 않는 고난도 측정기술을 구현할 수 있는 특화된 센서의 개발 및 제품화에 주력하기 위해서는 우수한 인력과 기술적인 노력이 장기간 투자되어야 한다. 최근 과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 보건복지부 등 다양한 정부 부처에서도 이러한 필요성을 인식하고 디지털 헬스케어 센서 관련 중장기 연구 사업을 다수 추진하고 있다.

한편, 우수한 센서 연구 인력을 양성하기 위한 노력도 필요하다. 우선, 센서 전문인력을 교육할 수 있는 고급 연구 중심 대학원 프로그램 및 실무 기술 교육 학부 프로그램이 강화되어야 한다. 현재 국내에서 양성된 센서 관련 전문 인력들은 석·박사 학위를 받더라도 센서 전문 기업에 취업할 수 있는 기회가 부족하여 주로 전자, 자동차, 디스플레이 등 타 분야로 취업을 선택하고 있다. 센서 관련 전문 인력들이 전문성을 인정받고 성공할 수 있는 기회가 확대되어 간다면 우수한 인력들을 더욱 확보해 갈 수 있을 것이다. 그리고 이를 통해 수준 높은 센서기술의 연구·개발이 가능해지고 산업이 지속적으로 성장하는 선순환 구조가 만들어 질 것이다.

D I G I T A L H E A L T H C A R E

건강관리의 새로운 패러다임,
디지털 헬스케어



참고 문헌

- 이민화(2016), 4차 산업혁명과 디지털 헬스케어
- 서경화(2020), 디지털 헬스의 최신 글로벌 동향, 의료정책연구소
- 한국경제매거진(2020), “인구 변화 주목… 헬스케어 섹터 도약할 것”
- 주지영(2020), 디지털 헬스케어 동향, 생물학연구정보센터
- REAL FOODS(2019), “음식 사진만 찍으면 영양 분석” AI 푸드렌즈
- 인공지능신문(2020), KAIST 박인규 교수팀,
光 투과 방식 웨어러블 유연 인장 센서 개발
- 중앙일보 헬스미디어(2020), 블랙커피 하루 2잔, 당뇨병 위험 40% 낮춰
- EMD(2020), 공원 많은 지역에 살면 심뇌혈관질환 위험도 감소
- 김예원(2019), 보건의료 빅데이터, 윤리적 문제는?, 과학기술정보통신부
- 조선비즈(2020), 보건의료 빅데이터 활용 가능해졌지만…
데이터 심의·통합 과제로 남아
- 산업종합저널(2020), 디지털 헬스케어, 코로나19 이후 글로벌 시장수요 확대

차세대리포트

- 2018 젊은 과학자들을 위한 R&D 정책은 무엇인가(上)
젊은 과학자들을 위한 R&D 정책은 무엇인가(下)
과학자가 되고 싶은 나라를 만드는 방법
영아카데미, 한국 과학의 더 나은 미래를 위한 엔진
10년 후 더 건강한 한국인을 위해 필요한 과학기술은 무엇인가?
- 2019 머신러닝, 인간처럼 보고 생각하고 예측하라
수소사회, 과학기술이 만들어가는 미래
양자기술, 과학은 끝없이 증명할 뿐이다
- 2020 뉴로모픽칩, 인간의 뇌를 담은 작은 반도체
대학의 미래, 젊은 과학자의 시선으로 바라보다
암과의 전쟁, 정복을 향한 꿈의 치료법

한국과학기술한림원은,

대한민국 과학기술분야를 대표하는 석학단체로서 1994년 설립되었습니다. 1,000여 명의 과학기술분야 석학들이 한국과학기술한림원의 회원이며, 각 회원의 지식과 역량을 결집하여 과학기술 발전에 기여하고자 노력해오고 있습니다. 그 일환으로 기초과학연구의 진흥기반 조성, 우수한 과학기술인의 발굴 및 활용 그리고 정책자문 관련 사업과 활동을 펼쳐오고 있습니다.

한림석학정책연구는,

우리나라의 중장기적 과학기술정책 및 과학기술분야 주요 현안에 대한 정책자문 사업으로 한국과학기술한림원 회원들이 직접 참여함으로써 과학기술분야 및 관련분야 전문가들의 식견을 담고 있습니다. 한림연구보고서, 차세대리포트 등 다양한 형태로 이루어지고 있으며 국회, 정부 등 정책 수요자와 국민들에게 필요한 정보와 지식을 전달하기 위하여 꾸준히 노력하고 있습니다.

한국과학기술한림원 더 알아보기

-  홈페이지
www.kast.or.kr
-  블로그
kast.tistory.com
-  포스트
post.naver.com/kast1994
-  페이스북
www.facebook.com/kastnews





KAST 한국과학기술원
The Korean Academy of Science and Technology

(13630) 경기도 성남시 분당구 돌마로 42
Tel 031-726-7900 Fax 031-726-7909 E-mail kast@kast.or.kr

