



## 제4차 산업혁명과 미래 약사 직능의 변화

김유경 · 윤정현\*

부산대학교 약학대학

(2020년 8월 27일 접수 2020년 9월 28일 승인)

## The Fourth Industrial Revolution and Changes of Pharmacists' Roles in the Future

Yookyong Kim and Jeong-Hyun Yoon\*

College of Pharmacy, Pusan National University, Busan 46241, Republic of Korea

(Received August 27, 2020 · Accepted September 28, 2020)

### ABSTRACT

The fourth industrial revolution, with its characteristics of “hyper-connectivity”, “hyper-intelligence” and “automation”, is a hot topic worldwide. It will fundamentally change industry, economy, and business models through technological innovations, such as big data, cloud computing, Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), and 3D printing. In particular, the development of highly advanced information technology (IT) and AI is expected to replace human roles, thereby changing employment and occupation prospects in the future. Based on this, some predict that the profession of the pharmacist will soon disappear. To counter this, pharmacists' attention and efforts are required to seek innovative transformations in their functions by responding sensitively and promptly to changes of the fourth industrial revolution. It is also necessary to recognize the new roles of pharmacists and to develop the competencies to perform them. The fourth industrial revolution is an inevitable change of the times. At this time, we should take comprehensive and open perspectives on how the future society will change economically, culturally, and socially, and use it as an opportunity to shape the new future of pharmacists.

**KEYWORDS:** Fourth industrial revolution, pharmacist, future, healthcare

지난 몇 년간 제4차 산업혁명은 사회, 경제, 정치, 교육 등 우리 사회 전반에 걸쳐 가장 중요한 화두로 대두되어 왔다. 제4차 산업혁명은 ‘초연결’, ‘초지능’, ‘자율화’의 특성을 가지고 빅데이터, 클라우드, 사물인터넷(Internet of Things, IoT), 인공지능, 3D 프린팅 기술 등을 기존 전통산업에 접목시키면서 전 세계의 산업구조 및 시장경제 모델에 큰 변화와 파장을 일으키고 있다.<sup>1-2)</sup> 이는 이전의 그 어느 산업혁명보다 그 영향력과 파급력이 크고, 전반적인 사회 시스템의 근본적인 변화를 수반하는 것으로 예측되고 있다. 특히 제4차 산업혁명으로 인한 과학기술의 발전과 고도로 발달한 인공지능은 미래사회에서 사람의 역할을 대체하여 고용구조와 일자리 지형을 크게 변화시킬 것으로 전망되고 있다. 이를 바탕으로 미래 사회에서는 약사라는 직업이 사라질 것이라는 예측이 나오고 있다.<sup>3-4)</sup> 이러한 전망은, 약사들의 주요 업무가 조제이기 때문에 인공지능

을 갖춘 자동화 로봇이 등장하게 되면 약사 업무가 대체될 가능성이 높아 직능이 위협을 받을 수 있다는 데 그 논리적 근거를 두고 있다. 실제로 의료기관과 지역약국에서 근무하는 약사는 하루 업무 중의 절반 이상을 전통적 약사업무인 조제와 의약품 관리 업무에 치중하고 있는 것으로 조사된 바 있다.<sup>5-6)</sup> 반면, 약물요법 검토, 만성질환의 예방과 관리, 건강증진 상담 등 약사들의 전문화된 약료서비스 업무는 인력과 시간, 전문 지식과 기술의 부족 등 다양한 이유로 충분하게 시행되지 못하고 있는 것으로 나타났다.<sup>6)</sup>

하지만, 제4차 산업혁명에 의해 약사의 직능이 심각하게 위협받지는 않을 것이라는 전망도 있다. Carl Frey와 Michael Osborne이 702개의 직업을 대상으로 지각과 조작(perception and manipulation), 창의적 지능(creative intelligence), 사회적 지능(social intelligence) 등을 고려하여 각 직업이 가까운 미

\*Correspondence to: Jeong-Hyun Yoon, College of Pharmacy, Pusan National University, 63 Beon-gil 2, Busandaehag-ro, Geumjeong-gu, Busan 46241, Republic of Korea  
Tel: +82-51-510-2804, Fax: +82-51-513-6754  
E-mail: [jyoon@pusan.ac.kr](mailto:jyoon@pusan.ac.kr)

래에 컴퓨터화 될 확률을 분석한 결과에 의하면, 약사 직업은 컴퓨터에 의해 대체될 확률이 1.2%였으며, 전체 순위 중 54위를 차지하였다. 하지만 단순한 의약품 조제 업무는 컴퓨터에 의해 대체될 가능성이 92%로 높게 예측되었다.<sup>7)</sup> 이처럼 미래 사회에서 약사라는 직업이 처해 있는 운명에 대한 견해가 상반되고 있는데, 이는 약사의 역할과 직무를 어떻게 이해하고 정의하는지에 따른 시각의 차이 때문이라고 할 수 있다. 즉, 약사의 역할을 조제와 같은 단순 기술적인 업무 수행으로만 한정하는 경우 약사 직능은 기계에 의해 대체되어 사라질 가능성이 높은 것으로 볼 수 있다. 하지만, 약사가 의약품과 약학에 관한 전문지식을 바탕으로 개별환자 맞춤형 약물요법을 관리하고, 환자와 공감하면서 질병 관리와 건강에 관한 상담서비스를 제공하는 등, 고차원적인 인지기능과 사회적 지능에 기반한 업무를 수행한다면 이러한 역할은 인공지능이나 로봇에 의해 대체되기 어렵다는 것이다.

본고에서는 제4차 산업혁명이 현재 우리 사회에서 어떠한 변화를 일으키고 있는지를 간략하게 살펴보고 미래 사회에서 약사가 어떠한 역할을 수행해야 하는지, 그리고 이러한 역할을 감당하기 위해 약사에게 요구되는 역량이 무엇인지에 대해서 고찰해 보고자 한다.

## 본 론

### 제4차 산업혁명과 보건의료환경의 패러다임 변화

#### 제4차 산업혁명시대의 도래

산업혁명이란, 기술의 혁신과 이로 인한 사회경제적인 큰 변화가 일어난 시기를 말한다. 최초의 산업혁명인 제1차 산업혁명은 1760~1840년에 걸쳐 유럽과 미국에서 일어났다.<sup>8)</sup> 철도 건설과 증기기관의 발명을 바탕으로 가내수공업 중심의 생산체제가 공장 생산체제로 변화된 시기를 말하며 ‘기계혁명’이라고도 하는데, 이를 기반으로 농경 중심의 사회에서 현대 산업사회로 바뀌게 되는 계기가 되었다. 제2차 산업혁명은 전기동력과 생산 조합라인의 출현으로 대량생산을 가능하게 한 혁명으로 제1차 세계대전 직전인 1870~1914년 사이에 일어났다. 주요 기술의 진보로는 모터, 전화, 전구, 축음기 및 내연기관 등이 있으며 ‘에너지 혁명’이라고도 불린다. 제3차 산업혁명은 1960년대에 시작되어 반도체와 개인컴퓨터(personal computer, PC), 인터넷의 발달이 주도한 정보통신기술 중심의 정보화 혁명으로, ‘컴퓨터 혁명’ 혹은 ‘디지털 혁명’이라고도 한다.<sup>8)</sup>

제4차 산업혁명이라는 용어는 2016년 다보스에서 개최된 세계경제포럼(World Economic Forum, WEF)에서 언급되었으며, 제3차 산업혁명 기반의 디지털과 바이오산업, 물리학 등의 경계를 융합하는 기술혁명으로 정의한다.<sup>9)</sup> 경제협력개발기구(Organization for European Economy Cooperation, OECD)의

보고서에 따르면, 제4차 산업혁명의 주요 혁신기술로 사이버-물리 시스템(Cyber-Physical System, CPS)에서의 빅데이터, 클라우드, 사물인터넷, 인공지능, 3D 프린팅, 컴퓨터 시뮬레이션 등이 언급되고 있다.<sup>10)</sup> 특히 제4차 산업혁명시대에는 사물인터넷이 정보의 생산과 소비의 주체가 되어, 센서를 통해 클라우드에 다양한 정보를 제공하면 이를 인공지능이 분석하여 다시 사물인터넷에 능동적으로 정보를 제공함으로써 자율적으로 서비스를 제공하게 된다. 이 때 능동적으로 정보를 주는 것은 인공지능이 스스로 분석하여 소비자에게 필요한 정보를 자율적으로 선별하여 제공한다는 의미이다.<sup>11)</sup> 이를 바탕으로 각 나라에서는 인공지능과 빅데이터를 활용하는 연구와 사업들이 활발하게 진행되고 있으며, 기존 산업에 제4차 산업혁명의 혁신기술들을 적용하여 국가의 경쟁력을 강화하고 관련 산업의 고부가가치를 창출하기 위해 노력하고 있다.

#### 제4차 산업혁명과 보건의료산업의 변화

보건의료산업은 제4차 산업혁명 시대의 최전선에 있다고 할 수 있는데, 이는 산업의 규모가 큰 데 반해 효율성이 높지 않아 새로운 기술을 활용하여 비즈니스를 창출하기에 유리한 조건을 가지고 있기 때문이다. 이에 따라 현재 보건의료산업의 다양한 분야에서 제4차 산업혁명의 첨단 기술들이 활용되고 있으며, 이를 위한 창업과 투자가 지속적으로 증가하고 있는 추세에 있다. 특히 인구의 초고령화를 비롯하여 인간의 기대 수명이 연장되고, 고혈압, 암, 당뇨병, 심장질환, 호흡기질환 등의 만성질환 및 퇴행성질환이 증가함에 따라 각 나라의 의료비 지출과 부담이 증가하고 있는데, 이는 저출산으로 인한 경제인구의 감소와 맞물려 점점 더 심화될 것으로 예견되고 있다. 따라서 최소의 비용으로 높은 부가가치를 창출할 수 있는 보건의료서비스와 이를 뒷받침 해 줄 수 있는 보건의료산업의 발전이 필요하다고 할 수 있다.

#### 1) 디지털 헬스케어 산업

디지털 헬스케어 산업이란, 빅데이터, 인공지능, 사물인터넷, 클라우드 등을 헬스케어 분야에 적용하여 질병을 치료하고 건강을 증진시키기 위해 서비스 혹은 관련된 물건을 제공하는 산업으로, 의약품 제조업과 의료기기산업, 그리고 의료서비스 산업을 포함한다.<sup>12)</sup> 보건의료서비스는 과거에는 질병이 발생하면 의료기관에서 치료를 받는 ‘치료/의료기관 중심’의 서비스에서 이제는 소비자 스스로 건강을 예방하고 관리하는 ‘예방/소비자 중심’으로 패러다임이 변하고 있다. 이에 따라 의료산업의 범위가 전반적인 일반 건강영역으로 확대되면서 헬스케어 산업시장이 더욱 커지게 되고, 우리나라를 비롯하여 전 세계적으로 정보기술(Information Technology, IT) 기업들의 헬스케어 분야로의 진출이 더욱 활발해지고 있다.

디지털 헬스케어 서비스는 사물인터넷과 같은 웨어러블 디

바이스를 착용한 사람의 건강과 관련된 정보를 빅데이터의 형태로 클라우드에 저장할 수 있으며, 측정된 데이터를 분석하고 판단하여 환자나 의료진에게 제공함으로써 개인에게 최적화된 서비스를 제공할 수 있게 한다.<sup>13)</sup> 현재 스마트밴드나 스마트워치 등을 통해 심박수, 맥박, 혈압, 심전도, 수면시간, 혈당, 보행자세, 스트레스 등 다양한 개인 생체 정보를 수집할 수 있으며 이를 활용하여 질환의 진단과 예방, 관리 등에 활용할 수 있다.<sup>14)</sup> 또한 어플리케이션(앱)이나 디지털 기술을 활용하여 손쉽게 질병 관리 서비스를 제공하기도 한다. 국내에서 개발된 “얼나요”라는 앱은 체온, 백신접종의 여부, 해열제 복용의 유무 등 아이들의 건강 상태에 관한 정보를 기입하기만 하면, 빅데이터 정보를 종합하여 해열제를 언제, 얼마나, 어떻게 복용하는지에 대한 맞춤형 정보를 제공하고 있다.<sup>15)</sup> 또한 미국의 바이탈리티(Vitality®)사에서 개발된 ‘글로우캡(GlowCaps)’은 의약품의 용기 뚜껑에 무선칩을 설치하여 약 먹을 시간에 뚜껑에 있는 램프가 켜짐과 동시에 알람 소리가 발생하여 환자로 하여금 정확한 시간에 의약품을 복용하도록 도와주고, 만일 환자가 약을 복용하지 않았다면 미리 지정된 연락처로 전화를 걸거나 메시지를 보내 환자에게 알려주는 서비스이다.<sup>16)</sup> 뿐만 아니라 환자의 복약이행도에 관련된 정보를 주간 혹은 월간 단위로 환자나 보호자 및 의료진에게도 전달해 준다. 이러한 서비스를 활용한다면 환자의 복약이행도를 향상시킬 수 있고 궁극적으로 환자의 치료효과 향상을 기대할 수 있다. 실제로 이 서비스를 사용한 환자를 분석한 결과 98% 이상의 복약이행도를 달성했다고 보고되기도 하였다.<sup>17)</sup> 이렇듯 제4차 산업혁명의 기술은 소비자로 하여금 일상에서 손쉽게 자신의 건강 상태 및 생활습관에 대한 정보를 지속적으로 수집하여 이를 관리할 수 있도록 도와주며, 의료정보 클라우드 및 플랫폼 구축을 통해 정보의 교류를 활성화시킴으로써 예방(preventive), 참여(participatory), 예측(predictive), 맞춤형(personalized) 의료 등 미래 의료서비스의 패러다임으로 불리는 4P 헬스케어 서비스를 구현하는 데 기여하고 있다.<sup>10)</sup>

## 2) 빅데이터 및 인공지능 기반 보건의료서비스

현재 보건의료서비스의 효율성을 높이고 질적 수준을 향상시키기 위해 빅데이터와 인공지능을 활용한 보건의료서비스들이 개발되어 활용되고 있다. Deep Drug Drug Interaction (DeepDDI), Pillbox, 왓슨포온콜로지(Watson for Oncology)가 그 예이다. 이들은 질병의 진단과 치료, 예방과 관리에 있어서 제4차 산업혁명 기술들의 유용한 가능성을 보여주고 있다.

**DeepDDI:** DeepDDI는 국내 연구진에 의해 개발된 컴퓨터 프로그램으로, 단순히 약물 간의 상호작용에 대한 발생 가능성(chance)을 예측하는 기존의 DDI와는 다르게, 약물의 화학구조와 약물명만 입력하면 인공지능인 심화신경네트워크

(Deep Neural Network)를 활용하여 약물 상호작용에 대한 구체적인 약리작용과 그 기전을 비롯하여, 상호작용으로 인한 인체 부작용을 최소화할 수 있는 대체 의약품의 제시 등 다양한 정보를 제공한다. 또한 Deep DDI는 약물의 약효를 감소시킬 수 있는 식품이나 성분 등 약물-음식과의 상호작용도 예측할 수 있다.<sup>18)</sup>

**Pillbox:** 미국국립의학도서관(United States National Library of Medicine, NLM)에서 개발한 Pillbox는 알약에 새겨진 문자, 색깔, 크기, 모양 등의 정보를 기입하면, 물리적인 특징과 고해상도 이미지를 기반으로 의약품을 확인(identification)할 수 있는 검색엔진이다.<sup>19)</sup> 이는 미국의 제약회사, 식품의약품(Food and Drug Administration, FDA), 국립보건원(National Institutes of Health, NIH), 보훈부(Department of Veterans Affairs)로부터 제공된 정보들을 결합하여 처방의약품과 일반의약품에 대한 정보와 사진을 제공하는 가장 큰 데이터베이스로, 빅데이터를 활용한 보건서비스라고 할 수 있다.<sup>19)</sup>

**Watson For Oncology:** 왓슨(Watson)은 IBM이 개발한 대표적인 인공지능 슈퍼컴퓨터로, 왓슨포온콜로지는 IBM과 메모리얼 슬로언 케터링 암센터(Memorial Sloan Kettering Cancer Center, MSKCC)가 함께 개발한 의료용 인공지능이다. 왓슨포온콜로지는 국립종합암네트워크(National Comprehensive Cancer Network, NCCN)를 활용하여 의학 논문, 치료지침, 의사 처방, 임상연구 결과와 사례 등 방대한 자료를 종합하고 분석하여 개별 암환자에 대한 맞춤형 치료법을 제시한다.<sup>14)</sup> 그리고 환자의 유전 정보와 의료기록을 바탕으로 암 진단에 있어 오진율을 감소시킬 수 있는 것으로 알려져 있다.<sup>20)</sup> 그러나 현재 왓슨포온콜로지의 유용성과 관련하여 명백한 한계점이 대두되면서 이를 둘러싼 논란들이 있다.<sup>21-22)</sup> 특히 국내에서 사용하는 데 있어서 국내 임상 현황이나 데이터가 반영되어 있지 않아 미흡한 점이 있다. 그러나, 향후 좀 더 진보된 인공지능이 개발되어 그 정확도가 검증된다면 임상 의사결정지원시스템(clinical decision support system)으로서 사람과 협업하여 보건의료서비스의 질을 높이는 데 기여할 수 있을 것이다.

## 3) 의약품의 개발과 연구

제4차 산업혁명의 기술은 의약품 개발 과정에도 큰 변화를 불러일으키고 있다. 신약 개발은 일반적으로 막대한 투자비용과 10년 이상 장기간에 걸친 연구와 개발이 필요한 분야이다. 그러나 제4차 산업혁명 시대의 인공지능 기술의 발전은 의약품 후보물질을 발굴하고 이를 의약품으로 개발하는 과정에서 비용과 시간의 단축 등 효율성을 증대시킬 뿐만 아니라, 신약 개발의 성공률도 높일 수 있다. 실제로 인공지능은 100만건 이상의 관련 논문을 몇 초 만에 읽을 수 있으며 400만명 이상의

**Table 1.** Artificial Intelligence (AI)-Based Drug Discovery

	Pharmaceutical company	AI Company	AI Name	Technology	Indication
World wide	Merck	Atomwise	Atomnet	Deep-learning screening from molecular structure data	Ebola virus infection
	Novartis Pfizer Teva	IBM	Watson	Deep-learning cognitive computing technology	N/A Cancer Respiratory & CNS disease
	Santen Pharmaceuticals	TwoXAR	DUMA	Deep-learning screening from literature and assay data	Glaucoma
	Janssen Pharmaceutica	Benovovent AI	Benovovent AI	Deep-learning and natural language processing of research literature	Multiple
Korea	Standigm	Standigm	Standigm Best Standigm Insight	AI-based lead optimization platform AI-based hidden indication & pathway with potential target prediction	NAFLD, Parkinson's disease, autism Solid tumor
	Pharos IBT	Pharos IBT	Chemiverse	Screening, analyzing and managing data library	Acute myeloid leukemia
	Boryung	Pharminogen	-	Convolutional Deep-learning platform	N/A

Abbreviations: CNS, central nervous system; NAFLD, Non-alcoholic fatty liver disease; N/A, None Announced

의료 데이터를 분석할 수 있다고 알려져 있다.<sup>23)</sup> 국외의 경우 약물, 화합물, 약효, 상호작용 등과 관련된 빅데이터와 인공지능 플랫폼을 활용하여 의약품 개발 후보물질을 효과적으로 탐색하고, 임상연구에서 실패한 의약품이나 이미 시판되고 있는 의약품을 대상으로 이들의 약효를 재평가하여 새로운 적응증을 찾아내는 신약재창출(drug repositioning) 등, 인공지능을 활용한 의약품 개발에 매진하고 있다.<sup>23)</sup> 국내의 경우에도 인공지능 딥러닝 기술과 플랫폼을 활용하여 의약품을 개발하기 위해 노력하고 있으며, 분자구조 변형에 따라 약물효과를 예측하는 알고리즘의 활용 등 컴퓨팅 시뮬레이션을 이용하여 의약품 후보물질을 도출하고 있다.<sup>23)</sup> 이에 따라 한국제약바이오협회에서는 2019년 '인공지능 신약개발지원센터'를 설립하여 AI 신약개발 플랫폼을 구축하고 이를 활성화시키기 위해 노력하고 있다. 현재 국내외 제약회사와 IT 기업에서 개발되고 있는 인공지능 기반 신약개발의 예들을 Table 1에 제시하였다.

#### 제4차 산업혁명과 약사 직능의 변화

##### 1) 의료기관에서의 약사의 직능

의료기관에서 근무하는 약사는 처방전 검토, 의약품 조제 및 투약, 환자 복약 상담을 비롯하여, 마약류를 포함한 의약품 관리, 의약정보 제공, 의약품 식별, 약물관리 등 다양한 업무를 수행한다.<sup>5)</sup> 그 외 다학제(interdisciplinary) 팀의료의 일원으로서 전문적인 임상 약료서비스도 제공하고 있다.<sup>24)</sup> 제4차 산업혁명 시대에는 자동화 조제기계의 도입과 첨단 정보통신기술(Information and Communication Technology, ICT)의 접목을 통해, 의료기관 약사의 역할이 단순하고 반복적인 기술 중심

의 업무로부터 보다 전문적인 임상 약료서비스 중심으로 직무 내용의 전환이 가속화될 것으로 기대해 볼 수 있다. 실제로 의료기관에서는 이미 오래 전부터 자동정제포장기(Automatic Tablet Counter, ATC)의 도입으로 조제업무의 많은 부분이 기계로 대체되었는데, 현재는 항암주사제 조제로부터 활용되고 있다. 항암제는 독성이 강하여 의약품을 조제하는 약사를 비롯하여 이를 운반, 배달하는 타 보건인의 안전에까지 위협을 미칠 수 있다. 또한 소량의 항암주사제 조제의 경우 미량의 약물 용량을 정확하게 조제하기가 어려울 뿐 아니라, 조제 시 자칫 실수로 인해 오류가 발생할 수도 있어서 철저한 주의가 필요한 업무라고 할 수 있다. 국내 서울삼성병원에 도입된 항암주사제 조제로봇인 'APOTECA Chemo'는 용량 조제 측면에서 높은 정확성을 보여 과량 투여로 인한 부작용 감소로 환자의 안전성에 기여할 수 있었으며, 2명에 해당하는 약사인력을 대신하여 환자의 의약품 대기시간을 줄였을 뿐만 아니라, 무균환경에서 조제할 수 있어 위생적인 측면에서 환자에게 신뢰감을 준다는 긍정적인 결과가 보고되었다.<sup>25)</sup> 이렇듯 제4차 산업혁명의 기술의 발달로 인해 약사 업무의 효율성이 증대되고 인력난이 해소되면 약사들이 다학제 팀의료 활동 및 직접적인 환자케어(direct patient care, DPC) 서비스 제공 등 전문적인 약사 직무를 수행함으로써 약료전문가로서의 위상을 한층 더 높일 수 있을 것이다. 또한 미래의 첨단 ICT 기술의 도입은 약사의 전문성을 더욱 보강할 수 있다. 일례로 왓슨과 같은 인공지능을 활용한다면 방대한 정보와 최신 의학학적 근거를 기반으로 환자에게 필요한 최적의 약물요법을 계획하고 이를 관리하는데 많은 도움을 받을 수 있을 것이며, 이를 바탕으로 약사는 높은 수준의 효과적이고 안전한 개인 맞춤형 약료서비스

**Table 2.** Future Pharmacists' Roles and Functions

Settings	Pharmacists' roles and functions
Health-care system pharmacy	Participation of interdisciplinary team care
	Provision of direct patient care services
	AI-based clinical decision & medication management
Community pharmacy	Real-time data-based medication therapy management
	Provision of pharmaceutical care services through IoT (mobile-based pharmaceutical care services)
Pharmaceutical industry	Digital technology- & AI-based drug discovery
	Conduction of virtual clinical trials
	Management of QbD
Public health and administration	Data- & AI-based healthcare policy development
	Implementation of platform for health and medical big data
Digital healthcare industry	Development of wearable devices and applications for pharmaceutical care services (digital-based pharmaceutical care services)
	Management & utilization of big data

Abbreviations: AI, artificial intelligence; IoT, Internet of Things; QbD, quality by design

스를 제공할 수 있을 것이다(Table 2).

### 2) 지역약국에서의 약사의 직능

현재 지역약국에서의 약사 업무는 처방감사 및 의약품 조제를 위주로, 복약상담, 일반의약품의 판매와 상담, 약물요법 및 비약물요법에 대한 정보 제공, 약국경영(재고관리, 보험청구, 직원교육 등), 만성질환 예방 서비스 등으로 이루어져 있다.<sup>6)</sup> 그 중 처방감사 및 조제, 복약상담이 전체 업무 중 약 50%를 차지하고 있으며, 그 외 만성질환 상담, 약물요법 관리, 약물의 유해성 및 부작용에 대한 상담을 비롯하여 금연 상담과 같은 건강증진 서비스들은 시간과 공간의 부족, 전문지식의 부족, 취약한 경제성 등의 이유로 충분하게 제공되지 못하고 있다.<sup>6)</sup> 한 연구에 따르면 지역약국을 방문하는 사람들 대부분이 처방 의약품의 조제 또는 일반의약품의 구매가 주된 이용 목적이었고, 건강증진 상담 혹은 서비스의 필요성 때문에 약국을 방문하는 비율은 적은 것으로 나타났다. 이같은 결과에 대해 약국의 건강상담 서비스에 대한 소비자의 인식 부족과 약국보다 의원을 더 선호한다는 점을 그 이유로 제시하였다.<sup>26)</sup>

하지만 제4차 산업혁명시대의 첨단기술의 발전과 변화는 지역약국 약사의 업무 지평을 바꾸어 놓을 수 있으리라 기대된다. 먼저, 지역약국의 약사 업무에서 많은 부분을 차지하는 조제 업무는 향후 조제 로봇이 대신하게 됨에 따라 약사는 약물요법 관리자로서 임상 약료서비스 제공에 더욱 집중할 수 있을 것이다. 이미 미국과 같은 선진국에서는 DPC를 제공하는 임상 약사의 역할이 점점 중요해지고 있으며, 약사들은 이를 통해 환자의 치료성과 향상에 기여하고 있다.<sup>27-29)</sup> 그리고 앞으로 약사는 빅데이터와 인공지능 기술을 활용하여 디지털 기반의 체계적인 건강관리자(healthcare manager)로서의 역할을 수행할 수 있게 될 것이다. 일례로, 앞에서 소개한 DeepDDI와 같은 인공지능 기반 컴퓨터 프로그램을 활용하면 의약품 간

혹은 의약품과 식품 간의 상호작용을 쉽게 예측할 수 있고, 비약물요법이나 영양요법에 대한 정보 제공 및 건강 상담을 체계적으로 수행할 수 있다.<sup>30)</sup> 한 연구에 따르면 일반 소비자가 기대하는 지역약국 서비스로, 처방의약품과 일반의약품, 그리고 건강기능식품 간의 상호작용 점검, 의약품의 부작용 관리, 식습관 등의 비약물요법에 대한 정보 제공, 만성질환의 예방과 관리, 영양 및 운동 상담 등의 건강증진 서비스 제공 등이 조사된 바 있다.<sup>26)</sup> 약사는 제4차 산업혁명 시대에는 첨단 기술의 발전을 통해 소비자가 필요로 하는 전문적인 약사 서비스를 제공할 수 있게 될 것이다. 그리고 사물인터넷을 활용한 앱을 이용하여 국민들에게 건강과 의약품 관련 정보를 시간과 공간에 구애받지 않고 손쉽게 제공할 수 있게 된다. 또한, 웨어러블 디바이스 등 디지털 헬스 기기를 통해 환자의 상태에 대한 정보를 실시간으로 제공받을 수 있고 이러한 정보를 바탕으로 약사는 데이터 기반의 개별 맞춤형 질병 관리와 약물요법 관리를 보다 용이하게 할 수 있게 될 것이다. 이처럼 제4차 산업혁명의 기술은 인구의 고령화와 만성질환의 증가라는 사회적 변화 속에서 지역약국이 국민의 요구와 필요에 부합하는 전문적인 임상 약료서비스를 제공하는 일차 의료기관으로서의 역할을 충실히 수행할 수 있도록 도울 것이며, 그 가운데서 약사는 사람과 직접 대면하여 전문적이고 포괄적이며 체계적인 건강관리 서비스를 제공하는 전문가로서의 역할을 담당할 수 있을 것이다(Table 2).

### 3) 제약산업에서의 약사의 직능

제약산업에서의 약사 직무의 범위는 의약품 개발을 비롯하여 의약품 제조와 생산, 품질 관리, 의약품 마케팅, 의약품 정보 수집과 분석, 임상시험 수행 등 매우 다양하며 그 범위가 넓다. 특히 의약품 품질보증 및 관리는, 의약품 제조품질관리기준(Good Manufacturing Practice, GMP)에 따라 제조소의 구조

와 설비 및 생산공정 전반에 걸친 시스템을 관리하고 이를 통해 생산되는 의약품의 품질관리를 담당하는 약사 고유의 업무이다.<sup>31)</sup> 근간에는 의약품 생산에 있어서 디지털 기술을 적용한 스마트팩토리를 구축하여 자동화되고 지능화된 제조시설로 바뀌고 있는 추세이다. 특히 고품질 의약품의 확보를 위해 제조공정과 품질관리를 일원화하고 의약품의 개발부터 판매에 이르는 전주기를 실시간으로 관리하는 설계기반 품질고도화(Quality by Design, QbD)를 도입하고 있다.<sup>32-33)</sup> 이렇게 스마트팩토리나 QbD가 도입되면 약사들의 직무 내용도 IoT, 빅데이터, 인공지능 등의 IT 기술과 다양한 분석기술들을 활용하여 실시간으로 공정 분석을 하고, 이 과정에서 데이터를 수집, 분석, 관리하여 공정을 최적화하는 등 디지털에 기반한 직무로 바뀌게 될 것이다.

의약품 개발과 연구 측면에서도 인공지능이나 빅데이터, 컴퓨터 시뮬레이션 등의 ICT 기술을 활용하여 의약품 개발 선도 후보물질들을 찾아내고, 가상임상연구(virtual clinical trials)를 통해 약효와 이상반응 등을 확인하여 최종적으로 의약품 개발을 완료하게 될 것이다. 또한 3D 프린팅 기술을 활용하여 개별 환자에게 최적화된 의약품을 생산하고, 칩을 내장한 알약(chip in a pill) 개발을 통해 직접적으로 생체 정보를 수집하는 등, 의약품 개발과 생산에 있어서도 혁신적인 변화들이 일어나게 될 것이다.<sup>34)</sup> 그러므로 약사들은 고전적인 의약품 개발과 생산 과정과는 확연히 다른 디지털 환경에서 기존의 의학 지식의 범위를 넘어 빅데이터 분석과 공학, 수학, 컴퓨터 엔지니어링 등 다양한 분야의 지식과 기술을 활용하여 직무를 수행하게 것이다(Table 2).

#### 4) 약무행정과 공공보건에서의 약사의 직능

향후 약무행정 및 공공보건 등 공직에 종사하는 약사들은 정책 수립 과정에서 다양한 관련 데이터를 분석하여 정책을 수립하거나, 관련 법이나 제도를 마련하고 평가하게 될 것이다. 인터넷, 사회관계망서비스(Social Network Service, SNS), 디지털 기기 등 다양한 경로를 통해 수집되는 방대한 정보, 즉 빅데이터를 잘 활용하면 보건정책 수립을 비롯하여 여러 사회 문제를 해결할 수 있다. 예를 들어 감염병 발생의 초기 단계에서 여러 경로를 통해 수집된 데이터를 통해 질병 유행에 대한 시그널을 신속하게 감지함으로써 감염병이 확산되는 것을 예방하거나 선제적으로 대비할 수 있으며, 소비자의 생활습관과 의료기관 이용 실태, 의약품 사용 현황 등을 모니터링함으로써 특정 질환의 분포 및 발생 양상을 예측하는 데 활용할 수도 있다.<sup>35)</sup> 이러한 빅데이터를 활용한 직무 수행 과정에서 신속하고 효율적인 의사결정을 위해서는 인공지능과의 협업도 필수적으로 이루어지게 될 것이다. 또한 공직약사는 보건의료 현장에서 다양한 종류의 데이터를 활용하여 높은 수준의 보건의료서비스가 제공될 수 있도록 보건의료 빅데이터 통합 플랫폼

품을 구축하여, 데이터를 필요로 하는 사람들과 이를 원활하게 공유할 수 있는 환경을 조성하고 데이터 시스템을 효율적으로 관리하는 역할을 수행하게 될 것이다. 이렇듯 제4차 산업혁명 시대에는 약무행정과 공공보건 분야에서도 역시 디지털 기반, 데이터 중심, 인공지능 기반의 직무로 변화될 것이다(Table 2).

#### 5) 디지털 헬스케어 산업에서의 약사의 직능

앞에서 언급하였듯이 제4차 산업혁명 시대를 맞이하여 디지털 헬스케어와 관련된 산업규모가 기하급수적으로 커지고 있다. 이러한 보건의료산업 환경의 변화 속에서 약사는 의학에 관한 전문적인 지식을 기반으로 질병 관리와 약물치료, 건강 증진과 관련된 디지털 기기의 개발에 직접 참여할 수 있을 것이다. 뿐만 아니라, 소비자 중심의 맞춤형 약료서비스를 제공할 수 있는 소프트웨어와 앱 등도 개발할 수 있다. 또한 이들 디지털 기기 혹은 앱을 통해 생성되고 수집되는 건강관련 빅데이터를 관리하고 분석하여 개인 맞춤형 약료서비스의 제공에 활용할 수 있도록 하는 역할도 수행할 수 있을 것이다. 이처럼 제4차 산업혁명의 첨단기술과 빅데이터를 활용하여 디지털 기반의 약료서비스가 제공될 수 있는 환경과 인프라의 구축에 참여하는 것은 향후 약사의 새로운 직무 영역이 될 수 있을 것이다(Table 2).

#### 미래 사회에서 약사가 갖추어야 할 역량

지금까지 살펴보았듯이 제4차 산업혁명의 핵심기술이 약사의 직무에 적용되면, 임상 현장에서의 약사의 역할은 의약품의 유통과 조제, 관리를 넘어 전문적인 약료서비스 제공 중심으로 직무의 양상이 크게 변화될 것이다. 그 외 제약산업, 보건행정, 디지털 헬스케어 산업 등에서의 약사의 역할도 현재와는 다르게 제4차 산업혁명의 첨단기술을 기반으로 혁신적으로 변화할 것이다. 이에 약사는 다음과 같은 다섯 가지의 기초 직무역량을 갖추어야 할 필요가 있다(Fig. 1). 먼저, 공감과 소통의 사회적 역량이다. 공감과 소통 역량은 과거부터 약사의 중요한 역량 중의 하나로 인식되어져 왔다. 하지만 그 동안 공감과 소통 역량은 처방전 감사와 조제 등 다른 약사 직무역량에 비해 다소 등한시되어 온 것이 사실이다. 국내 20세 이상의 성인 119명을 대상으로 지역약국의 약사서비스에 대해 조사한 한 설문연구에 따르면, 약사서비스에 대해 불만족한 원인으로 공감능력 부족과 같은 약사의 태도와 관련된 문제가 66.7%, 일반의약품에 대한 충분한 정보의 제공과 복약지도 부족이 72.7%의 높은 비율로 응답된 바 있다.<sup>26)</sup> 이는 비록 소규모 연구이기는 하나 소비자가 약사에게 기대하는 바가 무엇인지를 방증하고 있다고 해도 과언이 아닐 것이다. 그러므로 약사가 직접적인 환자나 소비자와의 대면과 상담을 통해 긴밀한 유대감과 상호 신뢰관계를 형성함으로써 이들의 질병 관리 및

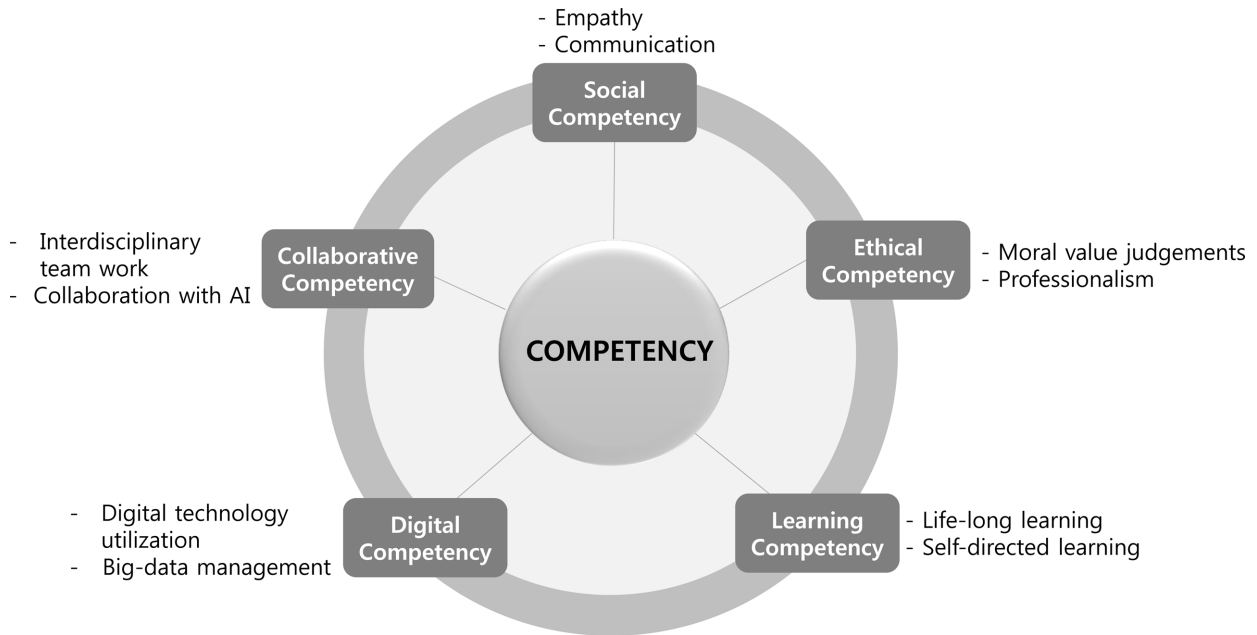


Fig. 1. Competencies of the Future Pharmacists

건강 증진을 도와주는 건강관리자로서의 역할을 수행하기 위해서는 공감과 소통 능력이 그 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 만일 약사가 의약품 조제와 같은 단순 기술 중심의 직무에만 계속해서 치중한다면 미래 사회에서 약사 직무는 기계 혹은 로봇에 의해 대체되어 누군가의 예측처럼 사라질 직업이 될 가능성이 매우 높다. 하지만, 약사가 사회적 지능에 기반한 직무를 수행한다면 이는 인공지능 로봇에 의해 대체되기 어려울 것이며, 이것이 바로 사람과 기계와의 가장 중요한 차이점이라고 할 수 있을 것이다. 그러므로 환자와 직접적으로 대면하여 환자가 필요로 하는 건강서비스를 제공하기 위해서는 쌍방향의 소통과 공감의 사회적 역량은 필수불가결하다고 볼 수 있다.<sup>36,37)</sup> 두 번째로 협업 능력이 필요하다. 다학제 보건전문가들이 서로 협력하여 환자를 돌봄으로써 환자의 치료효과와 삶의 질을 향상시키고자 노력하는 것은 이미 매우 중요한 의료서비스의 형태로 자리잡고 있다. 그러나 아직까지 약사는 여러 이유로 팀의료 활동에 원활하게 참여하지 못하고 그 역할이 미흡한 상태이다. 하지만 제4차 산업혁명의 기술 발달로 인해 약사들이 일상적인 단순업무에서 해방되어 업무 시간의 여유가 생기면 약료전문가로서 적극적으로 팀의료 활동에 참여하게 될 기회가 많아지게 될 것이다. 그러므로 기존에 이루어지던 직능 간의 단순한 교류와 접촉 범위를 넘어, 환자의 치료효과 향상과 의료서비스의 질 향상이라는 공통된 팀목표를 가지고 약사의 고유한 전문성을 발휘하는 직무가 중심이 될 것이다. 이에 따라 약사들은 다양한 분야의 전문가들과 의견을 나누며 자신의 생각을 효과적으로 표현하고 전달, 공유하는 등 지속적으로 소통하며, 책임감을 가지고 서로 협업할

수 있는 역량의 필요성이 커지게 된다. 뿐만 아니라, 미래에는 인공지능을 갖춘 로봇이 약사의 직무 현장 곳곳에서 사람들과 함께 일을 하기 때문에 사람과 기계 혹은 로봇이 어떻게 상호 작용하고 협력하면서 업무를 효율적으로 할 수 있을지에 대한 고민과 이와 관련된 역량도 필요하게 될 것이다. 세 번째로 필요한 역량은 직업윤리의식이다. 제4차 산업혁명시대에는 인공지능과 자동화된 로봇이 도입되면서 사람과의 경계가 모호해짐에 따라 생명에 대한 가치와 도덕성에 대한 혼란이 유발될 수도 있을 것이다.<sup>36)</sup> 이에 따라 사회에서 규정된 행위 혹은 공동의 선을 기준으로 도덕적인 판단을 할 수 있는 능력은 보건 의료현장에서 마주치게 되는 다양한 윤리적 갈등 상황에서 이를 해결할 수 있는 핵심 역량 중의 하나가 될 것이다.<sup>36)</sup> 네 번째로는 디지털 역량이다. 디지털 역량이란, 디지털 사회에서 각 구성원이 일상적인 삶을 살아가고, 학습하고, 각 분야에서 직업을 혁신적이고 창의적으로 수행하기 위해 필요한 능력을 말한다.<sup>38)</sup> 즉, 일상 생활 및 직업 현장에서 디지털 정보와 기술, 도구 등을 활용하고 사용할 수 있으며, 이를 통해 다른 사람과 소통하고 협업할 수 있는 능력이라고 할 수 있다. 제4차 산업혁명 시대에 접어든 지금, 다양한 디지털 기술에 기반한 각종 의료 및 헬스 기기들이 개발되어 이미 활발하게 사용 중에 있다. 이러한 디지털 기기들은 약사를 포함한 다양한 분야의 의료전문가들이 데이터에 기반한 체계적인 건강관리 서비스를 제공하는 데 매우 유용하게 사용될 수 있다. 또한 보건의료 데이터가 디지털화 됨으로써 방대한 양의 정보를 저장하고 이를 활용할 수 있게 된다. 따라서 약사는 시시각각 저장되는 막대한 양의 데이터를 효과적이고 원활하게 활용하기 위해 데

이터를 능숙하게 다룰 수 있는 능력이 필요하다. 마지막으로, 미래 약사에게는 학습 역량이 필요하다. 자기주도적으로 끊임 없이 의학학에 관한 전문 지식을 습득하고 기술을 연마하는 등 평생 지속적인 학습태도는 국민의 건강을 책임지는 약사에게 필수불가결한 덕목이다. 이와 더불어 미래 사회에서는 다양한 분야의 지식들이 서로 융합되어 전례 없던 새로운 지식들이 창출되기 때문에 이렇게 만들어진 새로운 지식과 기술을 시의적절하게 학습할 수 있는 능력은 더욱 중요해질 것이다.

## 결 론

인공지능, 사물인터넷, 빅데이터 등의 첨단 기술을 기반으로 하는 제4차 산업혁명은 혹자가 주장하듯 약사 직능을 사라지게 하는 위협 요소가 아니라 오히려 약사 직능을 보다 전문직능으로 도약시키는 중요한 기회와 전환점이 될 수 있다. 실제로 제4차 산업혁명에 따른 첨단기술의 발전은 고용 인력의 직무 내용 및 직무 역량의 변화에도 영향을 미친다. 즉 로봇과 인공지능의 발전에 따라 직업에서 수행하는 기존의 직무 내용이 변화되고 다양한 새로운 직무가 추가되거나 생겨날 것이다. 그러므로 미래사회의 기술 발전과 변화의 흐름에 맞추어 약사 직업이 사라지지 않고 진보하기 위해서는 제4차 산업혁명의 핵심기술들을 적극적으로 활용하여 약사 직능을 향상시켜야 하며, 로봇이나 인공지능보다 사람이 고유하게 잘할 수 있는 영역이 무엇인가를 생각하고 이를 개발, 확장하는 등 약사의 새로운 역할을 모색해야 한다. 이를 위해서는 제4차 산업혁명의 변화에 민감하고 발빠르게 대응하여 약사 직능의 혁신적 변화를 꾀하려는 약사들의 관심과 노력이 필요하다. 또한 미래사회에서 수행하게 될 약사의 새로운 역할을 인지하고 이를 수행하는데 필요한 역량을 키우기 위해서는, 약학교육 또한 과거의 전통적인 교육과정에서 탈피하여 혁신적으로 바뀌어야 한다. 무엇보다도 예비 약사인 약학대학생들이 직무 현장에서 투철한 직업윤리의식과 직업정신을 가지고 환자나 소비자와 공감하면서 효과적인 의사소통을 하며, 환자의 치료효과 향상을 위해 타 보건의료인과 협업하고, 디지털 기술들을 효과적으로 활용할 수 있도록 이를 뒷받침해주는 교육이 필요하다. 더불어 학생들이 어떻게 배우는지에 대해 배움으로써 (learn to how to learn) 전문가로서의 직무역량을 지속적으로 유지, 향상시키고 스스로 성장하려는 성장 마인드셋(The growth mindset)을 가질 수 있도록 교육하는 것 또한 필요하다.<sup>39)</sup>

제4차 산업혁명은 거스를 수 없는 큰 시대적 변화의 흐름이다. 이러한 때에 우리는 제4차 산업혁명으로 인해 미래 사회가 경제적으로, 문화적으로, 그리고 사회적으로 어떻게 변화할지에 대해 포괄적이면서도 열린 시각을 가지고 이에 철저하게 대비하고 준비하여 약사 직능의 새로운 미래를 만드는 기회로 삼아야 할 것이다.

## 감사의 말씀

이 과제는 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음.

## 이해상충

저자들은 본 논문의 내용과 관련하여 어떠한 이해상충도 없습니다.

## 참고문헌

1. Kim SH. Korea Institute for Industrial Economics & Trade. Available from [http://www.kiet.re.kr/kiet\\_web/index.jsp?sub\\_num=12&state=view&tab=list&idx=53349&recom=2695&ord=0](http://www.kiet.re.kr/kiet_web/index.jsp?sub_num=12&state=view&tab=list&idx=53349&recom=2695&ord=0). Accessed June 20, 2020.
2. Pereira AC, Romero F. A review of the meanings and the implications of the industry 4.0 concept. *Procedia Manuf* 2017;13:1206-14.
3. Park YS, Jerome G, Ted G. State of the future. 1st ed. Gyeonggi-do Province: Kyobo Book, 2015; 172-5.
4. Park GY, Chun YM, Hong SM, Son YS. A study on the effect of job on technology changes. Available from: <https://www.keis.or.kr/user/extra/main/2102/publication/publicationList/jsp/LayoutPage.do?categoryIdx=131&pubIdx=3081&onlyList=N>. Accessed June 20, 2020.
5. Suh SY, Kim SH, Kim SH, *et al.* Analysis of work activities and proportion of time performed by hospital pharmacists. *J. Kor. Soc. Health-syst. Pharm* 2020;37(2):126-50.
6. Kang MK, Bang JS. Pharmacists' perception for the current and future pharmaceutical services. *Korean J Clin Pharm* 2017;27(4): 228-37.
7. Frey CB, Osborne MA. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technol Forecast Soc Change* 2017; 114:254-80.
8. Schwab K. The fourth industrial revolution. 1st U.S. ed. New York: Currency, 2016:1-184.
9. National Institute of Food and Drug Safety. New concept medical device prospect analysis report 2017. Available from: [https://www.nifds.go.kr/brd/m\\_15/view.do?seq=10359](https://www.nifds.go.kr/brd/m_15/view.do?seq=10359). Accessed June 30, 2020.
10. Chun KW, Kim HD, Jang KS. Research level analysis of the 5 platform technologies related to the 4th industrial revolution. *Proceedings of the Korea Technology Innovation Society Conference* 2017:1375-89.
11. Kim YS, Rue SM. 4th industrial revolution and IoT-A.I platform. *Korea Institute of Information Technology Magazine* 2017;15(1):1-7.
12. Lee HJ. The change of medical environment & wellness view in the era of the 4th industrial revolution. *Journal of the Korean Society for Wellness* 2017;12(4):215-23.
13. Kim KB, Han KH. A study of the digital healthcare industry in the fourth industrial revolution. *Journal of Convergence for Information Technology* 2020;10(3):7-15.
14. Choi JH. ICT technologies for future healthcare industry. *Telco*



- Journal 2017;5:75-96.
15. Fever coach application. Available from: <https://www.fevercoach.net/>. Accessed August 10, 2020.
  16. Burrill GS. Digital health investment opportunities abound, but standouts deliver disruptive change. *J Commer Biotechnol* 2012; 18(1):49-50.
  17. Lee DG, Lee SH. Case of u-health industry by using IoT. *Korean Institute of Information Technology Magazine* 2015;13(2):27-30.
  18. Ryu JY, Kim HU, Lee SY. Deep learning improves prediction of drug-drug and drug-food interactions. *Proc Natl Acad Sci USA* 2018;115(18):E4304-E11.
  19. National Library of Medicine. About pillbox. Available from: <https://pillbox.nlm.nih.gov/about.html>. Accessed June 25, 2020.
  20. Kim MS, Park HY, Kho BG *et al*. Artificial intelligence and lung cancer treatment decision: Agreement with recommendation of multidisciplinary tumor board. *Transl Lung Cancer Res* 2020;9(3): 507-14.
  21. Choi YS. Concepts, characteristics, and clinical validation of IBM Watson for oncology. *Hanyang Med Rev* 2017;37:49-60.
  22. Kim EJ, Woo HS, Cho JH, *et al*. Early experience with Watson for oncology in Korean patients with colorectal cancer. *PLoS One* 2019;14(3) :e0213640.
  23. Kim HM, Park HJ, Shim SH, Choi YS. Proceeding and future of novel drug development using artificial intelligence (AI). *Life Science and Natural Resources Research* 2018;26(1):55-64.
  24. Lee SY, Cho E. A systematic review of outcomes research in the hospital pharmacists' interventions in South Korea. *Korean J Clin Pharm* 2019;29(3):193-201.
  25. Iwamoto T, Morikawa T, Hioki M, Sudo H, Paolucci D, Okuda M. Performance evaluation of the compounding robot, APOTECACHemo, for injectable anticancer drugs in a Japanese hospital. *J Pharm Health Care Sci* 2017;3(1):12.
  26. Yoon DY, Ha JE, Son HS. A survey of the general public's perceptions and expectations for community pharmacy services. *J. Korean Academy of Social & Managed Care Pharmacy* 2017;6(1): 38-49.
  27. Isetts BJ, Schondelmeyer SW, Artz MB, *et al*. Clinical and economic outcomes of medication therapy management services: The Minnesota experience. *J Am Pharm Assoc* 2008;48(2):203-14.
  28. Bunting BA, Cranor CW. The Asheville Project: Long-term clinical, humanistic, and economic outcomes of a community-based medication therapy management program for asthma. *J Am Pharm Assoc* 2006;46(2):133-47.
  29. Planas LG, Crosby KM, Mitchell KD, Farmer KC. Evaluation of a hypertension medication therapy management program in patients with diabetes. *J Am Pharm Assoc* 2009;49(2):164-70.
  30. Ministry of Science and ICT, Park SJ. Development of drug-drug, drug-food interaction prediction system using artificial intelligence technology. Available from: [https://www.msit.go.kr/web/msip/Contents/contentsView.do?cateId=\\_policycom2&artId=1380411](https://www.msit.go.kr/web/msip/Contents/contentsView.do?cateId=_policycom2&artId=1380411). Accessed August 10, 2020.
  31. World Health Organization. Quality assurance of pharmaceuticals: A compendium of guidelines and related materials. Good manufacturing practices and inspection. 2nd ed.: WHO, 2007; 1-409.
  32. Ministry of Food and Drug Safety. Quality assessment guideline to prepare for the introduction of quality by design Korea. Available from: [https://www.nifds.go.kr/brd/m\\_15/view.do?seq=12607&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm\\_seq\\_1=0&itm\\_seq\\_2=0&multi\\_itm\\_seq=0&company\\_cd=&company\\_nm=&page=1](https://www.nifds.go.kr/brd/m_15/view.do?seq=12607&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=1). Accessed August 19, 2020.
  33. Jin SE, Kim MS, Shin SM, Jeong SH, Hwang SJ. Current status and understanding of QbD implementation in pharmaceutical industry. *Regulatory Research on Food, Drug and Cosmetic* 2014;9(2):141-8.
  34. Rohan L, Laya K, Nimita L. Fourth generation technologies in pharmaceuticals-revolutionizing healthcare. *Journal of Systems Biology & Proteome Research* 2018;2(1):3-7.
  35. Goh SJ, Jung YH. Health risk prediction using big health data. *Health And Welfare Policy Forum* 2012;193(0):43-52.
  36. Kwon KY. Education at the Era of the Fourth industrial revolution and the roles of early childhood teachers. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction* 2018;18(4):47-72.
  37. Park HA, Jee SH, Park JH, *et al*. Studying Korea local pharmacy's role through understanding medication therapy management service model in the United States. *Korean J Comm Pharm* 2017;3(1):52-66.
  38. Choi SY. A study on the digital competency for the fourth industrial revolution. *The Journal of Korean Association of Computer Education*. 2018;21(5):25-35.
  39. Claro S, Paunesku D, Dweck CS. Growth mindset tempers the effects of poverty on academic achievement. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2016;113(31):8664-8.