

스마트워치를 활용한 인공지능 기반의 복용행동 모니터링 시스템

정수용*, 이휘원**¹, 유상필**², 이경준**³, 허성필***

Artificial Intelligence-based Medication Behavior Monitoring System using Smartwatch

Suyong Jeong*, Hwiwon Lee**¹, Sangpil Yoo**², Kyungjun Lee**³, and Sungphil Heo***

이 성과는 2020년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임
(N/P0002020, 2020년 산학융합지구조성사업)

요 약

고령화로 인한 만성질환 유병률 증가와 다제약물 복용에 따른 복용불순응 문제가 야기되고 있다. 더욱이, COVID-19 이후 비대면 기반의 복용관리서비스와 환자모니터링 기술이 요구되고 있다. 본 논문에서는 다약제의 효과적 복용관리를 위해 스마트워치와 인공지능 기술 기반의 복용행동모니터링 시스템을 제안하였다. 사용성 평가결과, '본 연구의 복용관리시스템이 필요하다'고 응답한 자는 전체 77명 중 77.9%를 차지하였다. 또한, 인공지능 알고리즘의 성능을 검증한 결과, 비타민을 먹는 복용행동은 95%, 흡입기 사용행동은 94%의 정확도로 복용행동 여부를 판별하였다. 본 연구의 디지털 복용관리시스템은 복용순응도 개선, 약물 부작용 감소 등 개인의 건강개선 뿐 아니라, 사회적 측면에서 의료비 절감에 크게 기여할 것으로 예상된다.

Abstract

Arriving an aging society, the prevalence and medical costs of chronic diseases has been increasing, and cognitive impairment and polypharmacy in older adults lead to low medication adherence and several adverse events during medication. In post-COVID era, non-face-to-face services and patient monitoring technologies for medication management are further required because patients with chronic diseases are restricted from visiting hospitals. We propose an automated behavioral monitoring system based on smartwatch and artificial intelligence (AI) technology in order to solve polypharmacy problems effectively. As a result of usability test of smartwatch, 60 of 77 adults thought to be useful with medication management system in this study. Also, performance of the proposed AI algorithm was shown to be 95 % of the vitamin group and 94 % of the inhaler group. We suggest that this digital medication management solution can greatly contribute to improve personal health by enhancing medication adherence and reducing drug side effects, and to minimize medical expenses in society.

Keywords

medication adherence, polypharmacy, smartwatch, artificial intelligence

* 강릉원주대학교 간호학과 교수

- ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8038-7986>

** 인핸드플러스(주)(¹대표, ^{2,3}개발자)

- ORCID¹: <https://orcid.org/0000-0002-1494-2432>

- ORCID²: <https://orcid.org/0000-0001-8798-9525>

- ORCID³: <https://orcid.org/0000-0002-6156-4833>

*** 강릉원주대학교 산학협력단 교수(교신저자)

- ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6786-3300>

• Received: Jul. 27, 2020, Revised: Aug. 19, 2020, Accepted: Aug. 22, 2020

• Corresponding Author: Sungphil Heo

Industry-Academic Cooperation Foundation, Gangneung-Wonju National University, Wonju-si, 26403, Republic of Korea

Tel.: +82-33-760-8255, Email: spheo@gwnu.ac.kr

1. 서 론

최근 기대수명의 증가와 국민소득의 향상으로 인해 웰니스(Wellness)에 대한 개인의 관심이 높아지면서 스마트 헬스케어 제품이 다수 개발되어 시장에 출시되고 있다. 스마트 헬스케어 산업은 일반적으로 하드웨어, 소프트웨어, 서비스 분야로 분류된다. 하드웨어 분야는 개인건강관리기기, 웨어러블기기, 시약 및 바이오센서 등의 제품과 부품, 소프트웨어 분야는 건강정보제공 App, 맞춤형 건강관리 App, 의료정보관리DB 등의 플랫폼이, 서비스 분야에서는 진단서비스, 건강관리서비스, 원격의료서비스 등의 건강관리콘텐츠가 주를 이루고 있다[1].

스마트 헬스케어 산업의 활성화를 위해 정부 각 부처마다 육성정책을 추진하고 있으나, 주요 선진국의 동향에 비해 우리나라는 법·제도적 환경이 여전히 미흡한 실정이다. 일례로 의료진·환자간 원격의료는 현행 의료법 34조에 의해 불법행위로 금지되어 왔고, 의료계의 반발이 높은 주제였다.

그러나 전파력 강한 신종감염병 COVID-19의 출현으로 국면이 크게 전환되고 있다. 2020년 7월 정부는 한국판 뉴딜정책으로 10대 대표과제와 함께, 이 중 스마트 의료, 돌봄 인프라 확충 등 비대면산업 육성에 2025년까지 국비 2.1조원을 투자할 것이라고 공표하였다[2]. 앞으로 기존의 법제도 등의 규제가 허용되는 프리존이 확대되고, 의료진·환자간 접촉을 최소화하면서 효과적이고 안전한 비대면 방식의 디지털 건강관리서비스의 개발과 실증이 활발해지며, 나아가 의료전달체계의 대대적 혁신이 예고된다[3].

한편, 우리나라는 초고령화 사회 진입과 함께 노인의 만성질환 유병률 문제가 심각하다. 2017년 노인실태조사에 따르면, 노인의 89.5%가 만성질환을 보유하고 있으며, 평균 처방약물 개수는 3.9개에 이르는 다약제복용(Polypharmacy) 노인이 많다[4]. 이에 따라 노인의 복약불순응 문제가 대두되고 있는데, “복약순응(Compliance)이란 의사가 처방한 약을 환자가 정확하게 복용하고 전문인의 조언과 지시를 준수하는 정도를 뜻하며, 복약불순응(Non-compliance)이란 정확하게 복용하지 않거나 충고나 지시를 따르지 않는 행위를 말한다[5].” 주요 선진

국의 복약순응도는 약제복용 전체인구 중 50%에 불과하다. Healthentic의 시험결과에 따르면 당뇨 환자의 77%, 고혈압 환자의 45%, 고지혈증 환자의 35% 환자가 처방받은 대로 복약을 하지 않는 것으로 확인되고 있다[6]. 특히, 우리나라 노인의 복약순응 문제는 심각하다. 다약제 복용노인의 92.2%가 약물오용을 경험하고, 처방약과 비처방약을 동시에 복용하는 노인의 비율은 55.2%까지 이른다[7].

노인의 복약순응에 미치는 영향요인으로 인지기능 저하, 다약제 처방에 따른 복잡성, 약물지식 부족, 건강·질병에 대한 인식 저하, 의료진과의 의사소통능력 부족 등이 알려져 있다[8]. 즉, 복약순응이 치료성공의 선결조건임에도 불구하고, 노인의 약물복용 지식과 이행정도가 부족하기 때문에 병원입원과 사망률을 높이고, 의료비를 상승시키는 셈이다. 복약불순응에 따라 발생하는 사회적 비용은 미국에서만 매년 2,900억 달러에 달하는 것으로 알려졌다[9]. 복약관리가 환자의 건강과 직결되고, 이는 장기적으로 사회적 비용을 증가시키에도 불구하고, 약 처방 이후 복약관리에 있어 효율적인 복약모니터링 기술과 개인맞춤형 관리시스템이 미비한 상황이다[10]. 더욱이 코로나19 사태로 병원 방문이 어려워지면서 노인 만성질환자의 복약관리에 대한 어려움이 커지고 있다. 이에, 포스트 코로나19 시대에 부응하는 비대면 복약관리서비스 개발이 요구된다.

스마트 헬스케어 기술은 코로나19 사태 속 복약불순응 문제를 효과적으로 해결해 줄 대안으로 판단된다. 아날로그에 의존했던 의료전달체계에서 벗어나 웨어러블 기기, 사물인터넷(IoT), 인공지능, 모바일, 빅데이터, 클라우드 등 디지털혁신 기술이 접목되어, 새로운 형태의 환자맞춤형 근거생성(Real-world evidence)과 의료정보가 디지털 데이터로 전환된다. 이러한 데이터를 분석·활용하여 개인맞춤형 의료 및 건강관리서비스를 제공할 수 있다. 특히, 5G 기술의 상용화는 스마트 헬스케어 시장을 더욱 가속화시킬 전망이다. 웨어러블 기기와 IoT 기술을 통해 수집되는 임상데이터가 실시간으로 서버로 전송되고, 빅데이터 분석과 인공지능 기술이 적용되면 개인맞춤형 비대면의료와 원격건강관리가 수월해질 수 있다. 이로 인해, 복약불순응 문제의 해소 뿐 아니라, 기술의 도움으로 노인의 독립적 생활환경을

조성하고 의료비용을 대폭 낮출 수 있을 것으로 예상된다[11].

최근의 정보통신기술을 활용한 약물 관련 연구로, 약물정보를 이용한 약물부작용 예측[12], 약물-질병 경로네트워크를 이용한 신약개발[13], 텍스트 마이닝 기반의 유사약물 예측[14] 등의 선행연구들이 있었다. 그러나 인공지능 기술, 스마트워치, 카메라 센서를 융합한 디지털 복약관리시스템에 대한 연구는 전무하였다. 이에 본 연구에서는 노인의 다약제 복약관리를 목적으로 스마트워치 및 인공지능 기반의 복약행동 모니터링 시스템을 제안하였다.

본 논문에서는 인공지능 기반 행동 모니터링 기술과 스마트워치 기반의 다약제 복약관리 방법을 제시하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 디지털 헬스케어 시장동향과 복약관리 관련 국내외 기술동향을 기술하였다. 3장에서는 인헨드플러스(주)가 개발한 스마트워치를 중심으로 그 작동원리와 인공지능 기반 복약관리 시스템의 차별성을 소개하였다. 4장에서는 스마트워치의 사용성 평가와 성능 평가를 통해 다약제 복약관리를 위한 실증방안을 논의하였다. 마지막으로 5장은 결론으로, 본 연구가 갖는 한계점 및 향후 연구를 제안하였다.

II. 관련 연구

2.1 디지털 헬스케어 시장 동향

국내 디지털 헬스케어 시장규모와 관련된 공신력 있는 통계는 없으나, 정보통신기획평가원에 따르면 어림잡아 2018년 1.9조원으로 추산되며 이는 세계 시장의 약 1% 수준에 불과하다[15]. 반면, 글로벌 디지털 헬스케어 시장은 2018년 1,697억달러에서 연평균 15.5%씩 증가하여 2024년에는 3,920억달러 규모로 성장할 것으로 전망된다[15].

국내의 경우 의료기술력은 물론 IT 강국답게 의료기관의 전자처방기록 보급률은 90% 이상, 스마트폰 보급률은 세계 1위 등 세계적으로 높은 수준의 의료 및 디지털 인프라가 마련되어 있다. 또한, 기업의 의료인공지능 관련 국내 특허출원은 최근 5년간 급증했고, 대형병원도 소프트웨어 시장에 적극 투자하고, 활발히 진출하면서 의료데이터와 인공지

능 기술의 융합을 중심으로 한 디지털 헬스케어의 새로운 생태계를 조성 중이다. 하지만 국내 시장은 엄격한 규제로 인해 난항을 겪고 있어, 해외 시장과 비교했을 때 성장률이 저조한 편이다.

국내에서는 원격의료이 규제로 막혀있지만, 이미 미국, 유럽, 일본 등 주요 선진국에서 만성질환 대상의 원격건강모니터링이 전반적 건강습관 실천율을 높이고, 궁극적으로 혈압, 혈당 등의 생체지표를 정상화하는 데 효과를 거두고 있는 것으로 보고 있다[16]. 특히 코로나19 감염 예방 및 관리를 위해 최근 원격진료 시장의 필요성이 계속해서 증가하고 있다. 미국은 원격의료선진화법(Telehealth advancement act of 2011)을 통해 기술발달 실현에 걸림들이었던 구식 단어 ‘telemedicine’을 ‘telehealth’로 변경하였다[17]. 특히, 코로나19 사태와 관련하여 HIPPA (Health Insurance Portability and Accountability Act) 준수규제의 완화를 승인하고, 미국 공공의료보험기관인 메디케어 및 메디케이드서비스(Center for medicare and medicaid services)는 원격진료 수가를 대면진료와 동등한 수준으로 제공하겠다고 밝혔다[18]. 마찬가지로, COVID-19에 대한 해결방안으로 영국의 국가보건서비스(National health service)는 1차 진료를 가능한 모두 원격으로 대체할 것을 권고하였다[18]. 일본, 동남아 등 전세계 각국도 원격진료가 확대되어 원격진료 시장은 급성장할 것으로 추정된다[19][20].

2.2 복약관리 관련 국내외 기술동향

1) 프로테우스 디지털 헬스(Proteus digital health) : 먹는 센서 및 복부 패치를 개발한 프로테우스 디지털 헬스는 미국에서 창업한 스타트업으로, 이들의 솔루션은 환자의 복약순응도를 모니터링하고 데이터 기반의 환자 복약관리를 가능하게 한다. 오즈카 제약사와 협업하여 조현병 치료제에 프로테우스의 솔루션을 적용하기도 하였는데, 월 1,620달러의 비싼 가격으로 인해 현재 항암제, 또는 면역치료제 분야로 변경하여 개발 중이다[21]. 가격경쟁력이 부족한 단점이 있으나, 높은 기술력을 바탕으로 복약관리 시장의 대표적 기업으로 활약하고 있다.

2) 에이아이큐어(AiCure) : 사용자가 자신의 복약

행동을 스마트폰으로 직접 촬영하고, 인공지능 기술을 바탕으로 복약 유무를 판단하는 기술을 보유하고 있으며, 이는 실제 임상시험에 적용 중이다. 에이아이큐어에 따르면, 기존의 58~62%의 임상참가자가 복약순응도를 92%까지 개선시켜 임상시험 비용을 절감했다고 보고한 바 있다[22]. 사용자 편의성이 다소 떨어지는 솔루션임에도 불구하고, 높은 투자를 유치하고, 활발한 협업을 통해 주요 기업으로 활약 중이다.

3) 존슨앤존슨(Johnson & Johnson, J&J) : J&J는 웨어러블 기기와 스마트폰으로 임상피험자가 임상병원(site)을 방문하지 않고도 가상(virtual)으로 임상시험에 참여할 수 있는 가상임상을 실시하고 있다[23]. 2019년 8월 SGLT-2 억제제 계열의 당뇨병 치료제인, 인보카나의 심혈관계 증상치료를 위한 환자 맞춤형 근거생성으로 가상임상을 수행하였는데, 이는 스마트폰과 웨어러블 기기를 활용한 세계 최초의 가상임상으로 평가받는다. 이 연구는 임상환자의 모집부터 데이터 스크리닝과 수집까지의 모든 과정을 스마트폰 앱을 이용하여 진행하였다.

4) 노바티스(Novartis) : 데이터 사이언스를 본사 차원의 슬로건으로 제시하며, 임상과정에 있어 빅데이터 분석과 인공지능을 적극적으로 활용하고 있다. 노바티스 산하 생명과학연구소는 인공지능 스타트업 PathAI와 협업을 통해 데이터와 이를 분석할 수 있는 솔루션 개발에 적극 투자 진행하고 있다. 특히, 너브 라이브(Nerve live)와 센스 브릿지(Sense bridge)를 활용해 임상시험을 위한 자체분석 플랫폼을 개발하였다. 너브 라이브는 임상시험 실시간 모니터링을 제공하는 플랫폼으로, 임상시험 연구자는 너브 라이브를 통해 노바티스가 보유한 헬스케어 빅데이터를 활용하여 임상프로세스 관리가 가능하다. 센스 브릿지는 너브 라이브의 컨트롤 타워 역할을 수행하며, 수천 개의 노바티스 임상사이트 정보를 열람할 수 있다[24].

5) 로슈(Roche) : 신약개발 회사와 함께 진단 회사를 보유하고 있어 맞춤형의료에 최적화되어 있다. 2018년 암특화 빅데이터 분석회사인 플랫아이언 헬스(Flatiron health)를 19억 달러(약 2조 290억원)에 인수하였다[25]. 플랫아이언 헬스는 구글 산하 알파벳이 투자한 스타트업으로, 전자의료기록(Electronic

health record)에서 암 환자의 임상정보를 분석 및 통합하는 클라우드 플랫폼을 개발한 기업으로 잘 알려져 있다. 또한, 로슈는 질병분자지표와 유전자 데이터를 다루는 파운데이션 메디슨(Foundation medicine)을 인수하기도 하였다.

III. AI 스마트워치 기반 행동 모니터링 원리

본 연구에 사용된 AI 스마트워치는 인핸드플러스(주)가 개발한 디바이스로서, 기존의 스마트워치와는 다르게 카메라 모듈이 손목 안쪽 부분에 내장되어 있다. 카메라 모듈의 목적은 사용자가 어떠한 물체를 잡는지, 해당 물체로 어떤 행동을 수행하는지를 모니터링하기 위함이다.



그림 1. 복약 모니터링을 위한 AI 스마트워치
Fig. 1. AI smartwatch for the medication monitoring

그림 2는 AI 스마트워치의 복약관별 과정을 보여준다. 카메라는 사용자의 손목으로부터 10~20cm 내외의 손바닥 안과 손가락 끝에 초점이 맞춰져 있다. 카메라는 평소에는 슬립모드로 되어 있어 촬영을 하지 않지만, 전자태그가 부착되어 있는 목표물이 손에 들어올 때는 이를 인지하고 일정시간 동안 자동으로 촬영이 진행된다. 비컨(Beacon) 형태의 전자태그는 BLE(Bluetooth Low Energy) 신호를 스마트워치에 전송하고, 스마트워치는 BLE의 신호세기(RSSI, Received Signal Strength Indicator) 기반으로 물체의 거리를 인지한다. 이에, 사용자는 별도의 추가 행동을 하지 않고도, 스마트워치가 자동으로 손안의 물체를 인지하고, 촬영을 수행한다. 전자태그는 지름 2.5cm 이내의 동전 모양으로 약통, 블리스터(Blister), 흡입기(Inhaler), 혈당계, 자가주사 등에 부착이 가능하다. 그러므로 본 AI 스마트워치는 알약 뿐만 아니라, 천식환자의 흡입기 사용, 당뇨병환자의 혈당계 사용 및 자가주사 투여 등을 모두 모니터링 할 수 있는 장점이 있다. 더불어, 다양한 종류의 알약에 대해서도 모니터링이 가능하다.

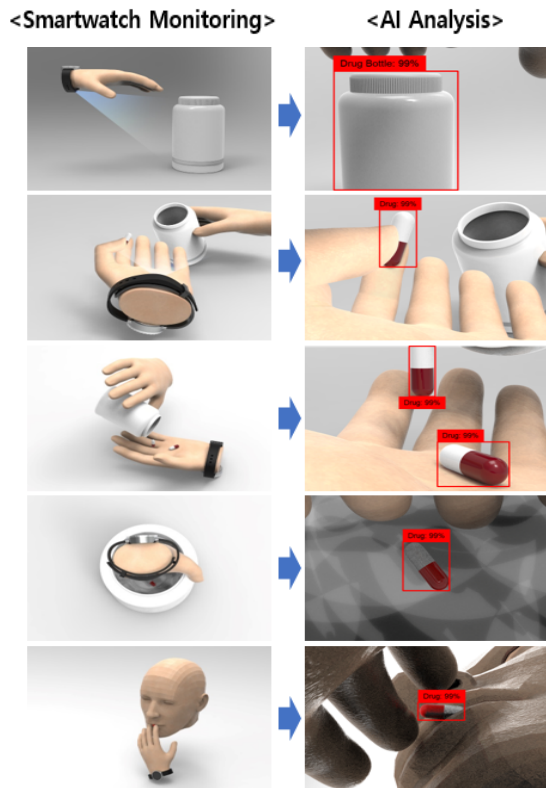
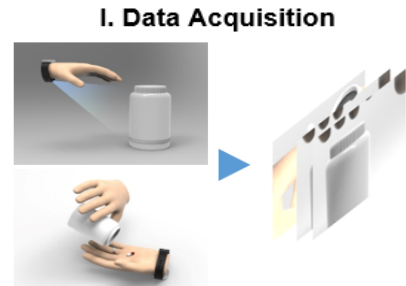


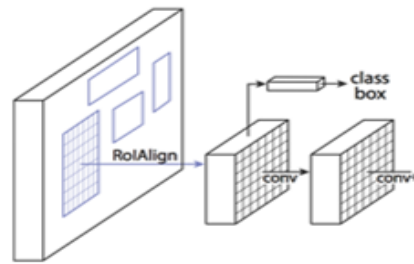
그림 2. AI 스마트워치의 복약행동 모니터링
Fig. 2. Identification of AI smartwatch for medication behavior

스마트워치로부터 수집된 영상데이터는 AI 알고리즘에 의해 분석되고, 이 시스템은 사용자가 언제 어떠한 행동을 수행했는지를 판별한다. 세부적으로 살펴보면, 행동분석 AI 알고리즘은 ‘Tensorflow’ 딥러닝 라이브러리 기반으로 인핸드플러스(주)에서 개발하였고, 최적화를 위해 30만 건 이상의 전처리된 학습 데이터와 16개 이상의 특징값을 Tesla V100 GPU 서버에 학습 및 적용하였다. 최적화된 AI 알고리즘은 사물인식(Object detection)과 행동인식(Action recognition) 두 단계의 과정을 거쳐 사용자의 복약 유무를 최종 판단한다. 첫번째 단계는 사물인식으로, 수집한 영상 데이터를 프레임 단위의 이미지 데이터로 분류한 후, 해당 이미지 내 특징값을 추출하여 Faster-Region-based convolutional neural networks(RCNN) 모델을 적용, 분석한다. 두번째 단계는 행동인식으로, 첫 번째 분석결과물을 시계열 데이터로 우선 전환한 후, 시계열 데이터분석 알고리즘인 LSTM(Long Short-Term Memory) 모델을 적용, 사용자 행동을 최종적으로 분석한다.



II. Data Classification & Analysis

(i) Object Detection, (ii) LSTM



III. Result



그림 3. AI 알고리즘 분석 프로세스
Fig. 3. Analytical process of AI algorithm

분석결과로는, 사용자의 복약 유무, 흡입기 사용 여부, 혈당계 사용여부, 자가주사 사용여부 등에 대해 사용자가 언제 어떠한 행동을 몇 퍼센트 확률로 수행하였는지를 도출한다.

AI 스마트워치는 카메라 모듈 기반 영상데이터 수집 뿐만 아니라, 복약 알람, 메시지 확인 및 화면 터치를 통한 데이터 입력도 가능하다. 어지러움, 두통, 메스꺼움 등의 약물 부작용에 대해서도 간단히 스마트워치 화면을 터치하여 입력할 수 있고, 관절염, 두통 등의 통증수치도 실시간 입력이 가능하다. 더불어, 스마트워치 자체센서를 통해 활동량 측정, 심박수 측정, 낙상 감지 등도 가능하다. 스마트워치를 통해 수집된 데이터들은 App과 Web을 통해 실시간으로 모니터링 된다.

기존의 복약모니터링 솔루션들은 약물 자체에 센서가 부착되거나 사용하는 용기에 센서가 탑재된

경우가 대부분이다. 가장 간단한 예로, 스마트약통은 약통 자체에 센서가 달려 있어서 약통을 열었을 때를 감지한다. 하지만 단지 뚜껑을 열었는지 여부를 복용 유무로 판단하기에는 무리가 있고, 실제로 어떤 알약을 먹었는지에 대해서도 모니터링할 수 없는 한계가 있다. 흡입기나 자가주사기에 센서를 부착하여 사용 유무를 모니터링 하는 기기도 존재한다. 그러나 이러한 기능은 자사 제품에만 구현이 가능하고, 타사 제품 또는 다른 의약품의 사용 모니터링은 불가능하다는 단점이 있다.

알약 자체에 센서를 적용하여 복용 유무를 모니터링하는 솔루션도 존재한다. 하지만, 이 경우 패드 형태의 리더기를 항상 복부에 착용해야하는 불편함이 존재하고, 센서가 적용된 알약에 국한하여 모니터링이 가능하다는 한계가 있다. 그리고 해당 센서가 적용된 알약은 제조의 어려움으로 인해 가격이 매우 비싸다는 단점이 있다. 이처럼 기존의 복용관리 솔루션들은 다양한 종류의 의약품을 모니터링하는 데 제약이 있기 때문에, 다약제 복용관리에는 부적절한 것으로 판단된다.

반면, 인핸드플러스(주)의 AI 스마트워치는 손에 잡히는 모든 물체가 모니터링 및 분석이 가능하다는 점에서, 다약제 복용관리나, 알약 이외의 흡입기나 자가주사 투여에도 실증 적용될 수 있는 복용관리 시스템이다.

IV. AI 스마트워치의 사용성 및 성능평가

일반적인 77명을 대상으로 AI 스마트워치의 사용성 평가를 수행하였다. 대상자는 AI 스마트워치를 착용하였고, 착용한 상태로 비타민 알약을 먹는 행동과 흡입기를 사용하는 행동을 수행하였다. 이를 통해 AI 스마트워치의 사용성 평가와 인공지능 알고리즘의 행동 모니터링 판별정확도를 테스트하였다.

참가자의 연령대는 20대 6명, 30대 41명, 40대 26명, 50대 4명이었다. 그림 4와 같이 평소 복용하는 약의 개수(비타민 포함)를 조사한 결과, 3개 이상의 다제약물 복용자는 53.2%를 차지하였다.

그림 5와 같이 본 연구에서 제시한 복용관리 시스템과 관련하여 ‘필요하다’고 응답한 자는 전체의 77.9%를 차지하였다. 그림 6과 같이 AI 스마트워치

사용성에 대해 ‘매우 불편하다’고 답한 사람은 3명(3.9%)였고, ‘불편하다’라고 답한 사람은 20명(26%), ‘보통이다’ 혹은 ‘불편하지 않다’라고 답한 사람은 44명(57.1%)이었다.

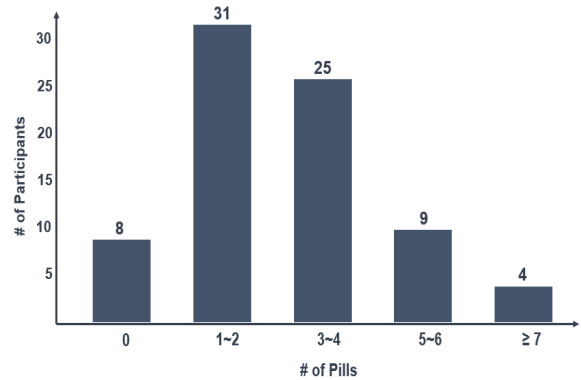


그림 4. 평소 복용하는 알약의 개수
Fig. 4. Number of pills that participants normally take

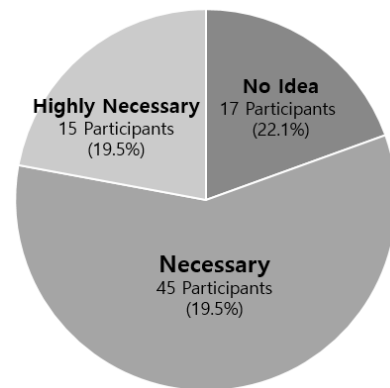


그림 5. 복용관리 시스템의 필요성
Fig. 5. Needs of the medication management solution

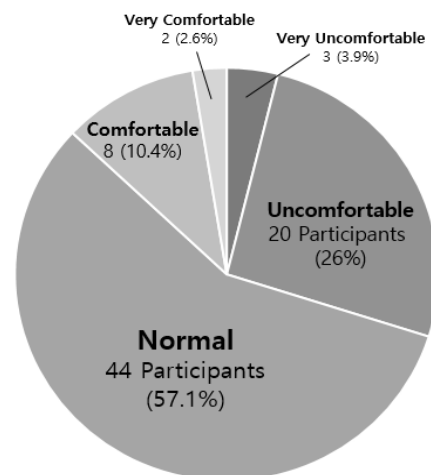


그림 6. AI 스마트워치 사용성
Fig. 6. Usability of AI smartwatch

그리고 사용성이 ‘편하다’라고 답한 사람은 8명(10.4%), ‘매우 편하다’라고 답한 사람은 2명(2.6%)이었다. 결과적으로, AI 스마트워치 사용성에 대해 부정적이지 않은 참가자는 총 54명으로 전체의 70.1%를 차지하였다. 불편하다고 응답한 23명 중 21명은 평소 시계를 착용하지 않았던 것으로 파악되었다. 다시 말해, 이들이 불편감을 호소한 이유는 스마트워치의 사용성 부족에서 기인한 것이라기 보다는, 시계 착용의 불편감에서 비롯된 것으로 짐작된다.

수집된 영상데이터로부터 인공지능 알고리즘의 성능을 검증한 결과, 참가자가 비타민을 먹는 복용 행동은 95%의 정확성으로, 흡입기 사용은 94%의 정확성으로 복용행동 여부를 판별하였다. 즉, 스마트워치로 행동이 모니터링된다고 가정할 때, 사용자가 복용 또는 흡입했을 때 AI가 그러한 복용행동을 올바르게 맞출 가능성이 알약은 95%, 흡입기는 94%가 된다는 뜻이다.

또한, AI 알고리즘은 알약의 종류 및 수와 관계 없이 모니터링만 된다면 모두 판별이 가능하였다. 이에, 본 솔루션은 사용자의 추가행동 변화가 불필요하며, 육안으로 식별 가능한 모든 종류의 의약품에 대해 인공지능은 언제 어떠한 약을 복용하였는지 분석이 가능하다. 이러한 복용 히스토리에 관한 데이터 저장과 전송은 의료진 또는 가족들과 실시간으로 공유할 수 있고, 이를 바탕으로 데이터 기반의 효율적인 약물중재와 다약제에 대한 복용관리가 진전될 것으로 기대한다.

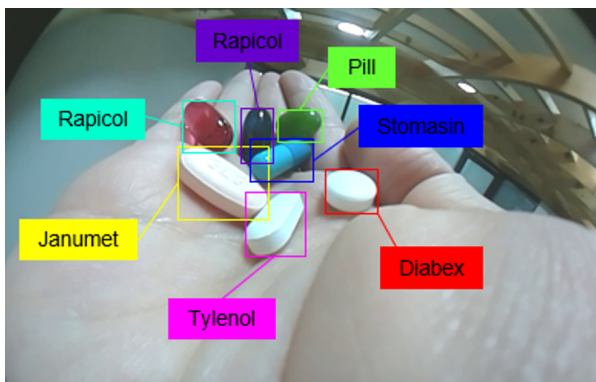


그림 7. AI 스마트워치의 다약제 판별 예시
Fig. 7. Example of AI smartwatch analysis for multiple pills

V. 결론 및 향후 과제

고령화 사회가 가속화 되면서 효율적인 복용관리 시스템에 대한 필요성은 점차 커지고 있다. 질환이 많아질수록 복용하는 알약의 개수가 증가하고, 흡입기, 혈당계, 자가주사 등 사용하는 의료용 디바이스도 다양해진다. 하지만, 이렇게 다양한 종류의 의약품들과 디바이스를 동시에 모니터링하고, 데이터 기반의 복용관리가 가능한 시스템은 전무한 실정이다. 본 논문에서 소개한 AI 스마트워치는 손에 잡히는 물체를 모두 모니터링하고, 사용자의 행동을 판별할 수 있다. 모니터링 가능한 물체가 다양하기 때문에, 당뇨병, 고혈압 등의 만성질환뿐만 아니라, 조현병 등 정신질환자 대상으로도 복용관리가 가능하다. 또한, 스마트워치 착용 자체만으로 모니터링과 분석이 자동으로 이루어지기 때문에 타 제품들에 비해 사용성이 우수한 것으로 평가된다.

하지만, 스마트워치 보안에 대한 사용자 인식을 면밀히 조사할 필요가 있다. 의료정보는 민감한 개인정보이다. 따라서, 사용자의 의도와 무관하게 촬영되는 영상데이터의 수집 및 처리, 기기 내 개인정보의 저장 및 유출 등 스마트워치 보안에 대한 위험도를 사정하여 정보보호 및 보안 조치를 강화할 필요가 있겠다. 이외에도, 본 스마트워치의 판별정확도는 아직 94-95% 정도로 더욱 개선시킬 필요가 있다. 인공지능의 특성상 다양한 데이터를 추가적으로 학습을 시킨다면 충분히 인공지능 시스템의 정확성을 99% 이상으로 향상시킬 수 있을 것이라 예상된다.

더불어, 본 논문에서는 일반인을 대상으로 사용성 평가를 진행하였지만, 향후 연구에서는 만성질환자, 정신질환자, 중증질환자 등 환자를 대상으로 실증해볼 것을 제안한다. 이러한 실증대상과 범위의 확장을 통해 본 스마트워치 기반의 복용관리 시스템의 효과성과 안전성을 엄밀히 평가한다면, 다약제 환자의 복용관리에 기여할 것으로 기대된다.

References

- [1] National IT Industry Promotion Agency, "Book of case studies for smart healthcare service",

- National IT Industry Promotion Agency, 2017.
- [2] Ministry of Economy and Finance, "Comprehensive plan for New Deal policy in South Korea", Ministry of Economy and Finance, Jul. 2020.
- [3] T. Greenhalgh, G. C. H. Koh, and J. Car, "COVID-19: a remote assessment in primary care", *BMJ*, Vol. 368, m1182, pp. 1-5, Mar. 2020.
- [4] Ministry of Health and Welfare, "Report on the Survey of the Elderly in the year 2017", Ministry of Health and Welfare, Nov. 2017.
- [5] D. Park, M. Kang, and J. Bang, "Development and clinical use of assessment indicators for improving medication adherence of elderly residents in nursing home", *Korean Journal of Clinical Pharmacy*, Vol. 26, No. 1, pp. 13-23. Mar. 2016.
- [6] Health IT Analytics Group, "Medication non-adherence brings millions in avoidable costs", <https://healthitanalytics.com/news/medication-non-adherence-brings-millions-in-avoidable-costs> [accessed: Aug 10, 2020]
- [7] J. Lee, "Factors associated with drug misuse behaviors among polypharmacy elderly", *Korean Journal of Adult Nursing*, Vol. 23, No. 6, pp. 554-563, Dec. 2011.
- [8] Y. Park, K. Lee, D. Kim, D. Uhm, and J. Kim, "Medication status and the effects of a medication management education program for the elderly in a community", *Journal of Korean Academy of Community Health Nursing*, Vol. 25 No. 3, pp. 170-179, Sep. 2014.
- [9] National Association of Chain Drug Stores Group, <https://www.nacds.org/news/the-cost-of-medication-non-adherence/> [accessed: Aug 10, 2020]
- [10] A. Milosavljevic, T. Aspden, and J. Harrison, "Community pharmacist-led interventions and their impact on patients' medication adherence and other health outcomes: a systemic review", *International Journal of Pharmacy Practice*, Vol. 26, pp. 387-397, Jun. 2018.
- [11] S. Selvaraj and S. Sundaavaaradan, "Challenges and opportunities in IoT healthcare systems: a systemic review", *SN Applied Sciences*, Vol. 2, No. 139, pp. Dec. 2019.
- [12] S. Seo, T. Lee, and Y. Yoon, "Prediction of drug side effects based on drug-related information", *Journal of KIIT*, Vol. 17, No. 12, pp. 21-28, Dec. 2019.
- [13] S. Hwang, Y. Hwang, M. Oh, and Y. Yoon, "Construction and comparison of drug-disease pathway network for drug repositioning", *Journal of KIIT*, Vol. 14, No. 9, pp. 119-129, Sep. 2016.
- [14] G. Jang, Y. Hwang, M. Oh, T. Lee, and Y. Yoon, "Novel drug similarity measuring method based on text mining for predicting similar drugs", *Journal of KIIT*, Vol. 14, No. 7, pp. 127-137, Jul. 2016.
- [15] Institute for Information and Communications Technology Promotion, "Trends of digital health industry in Post-COVID-19 era", Institute for Information and Communications Technology Promotion, Jun. 2020.
- [16] H. Verloo, A. Chiolo, B. Kiszio, T. Kampel, and V. Santschi, "Nurse interventions to improve medication adherence among discharged older adults: a systematic review", *Age and Ageing*, Vol. 46, No. 5, pp. 747-754, Sep. 2017.
- [17] Research Institute for Healthcare Policy, "The latest global trends in digital health", Korean Medical Association, May 2020.
- [18] Choi's Healthcare Innovation: <https://www.yoonsupchoi.com/2020/04/06/covid-19-digital-health-1/>. [assessed: Aug. 08, 2020]
- [19] K. Kim and K. Han, "A study of the digital healthcare industry in the fourth industrial revolution", *Journal of Convergence for Information Technology*, Vol. 10, No. 3, pp. 7-15, Mar. 2020.
- [20] D. S. W. Ting, L. Carin, V. Dzau, and T. Y. Wong, "Digital technology and COVID-19", *Nature Medicine*, Vol. 26, pp. 458-464, Apr. 2020.

- [21] Medcity News Group, "Digital health, digital therapeutics, digital medicines-what's in a name?", <https://medcitynews.com/2020/01/digital-health-digital-therapeutics-digital-medicines-whats-in-a-name/>. [accessed: Aug 10, 2020]
- [22] B. Mohanta, P. Das, and S. Patnik, "Healthcare 5.0: A paradigm shift in digital healthcare system using artificial intelligence, IoT and 5G communication", 2019 International Conference on Applied Machine Learning (ICAML), Bhubaneswar, India, Vol. 1, pp. 191-196, May 2019.
- [23] Apps & Software News, "Apple, J&J launch new mHealth study targeting wearables and AFib", <https://mhealthintelligence.com/news/apple-jj-launch-new-mhealth-study-targeting-wearables-and-afib>. [accessed: Aug 10, 2020]
- [24] Pharmaceutical Market Europe group, "Nerve centre gives Novartis edge in clinical trials", http://www.pmlive.com/pharma_news/nerve_centre_gives_novartis_edge_in_clinical_trials_1276784. [accessed: Aug 10, 2020]
- [25] Fortune, "Why drug giant Roche's \$1.9 billion deal to buy data startup Flatiron health matters", <https://fortune.com/2018/02/16/roche-flatiron-health-deal-why-it-matters/>. [accessed: Aug 10, 2020]

저자소개

정수용 (Suyong Jeong)



2007년 2월 : 서울대학교
간호학과(간호학사)
2011년 2월 : 서울대학교
간호학과(간호학석사)
2018년 2월 : 서울대학교
간호학과(간호학박사)
2018년 ~ 2019년 : 서울대학교

간호과학연구소(박사후연구원)
2019년 3월 ~ 현재 : 국립강릉원주대학교 조교수
관심분야 : 디지털 헬스케어, 인공지능,
보건의료빅데이터, 간호정책

이휘원 (Hwiwon Lee)



2011년 2월 : 포항공과대학교
신소재공학과(공학사)
2017년 2월 : 포항공과대학교
신소재공학과(공학박사)
2019년 6월 : 성균관대학교
글로벌경영학과(경영학석사)
2017년 2월 ~ 2019년 2월 :

삼성바이오에피스 Principal Scientist
2019년 3월 ~ 현재 : 인핸드플러스(주) 대표이사
관심분야 : Digital Healthcare, Business Management

유상필 (Sangpil Yoo)



2015년 2월 : 명지대학교
컴퓨터공학과(공학사)
2019년 5월 ~ 현재 :
인핸드플러스(주) 개발자
관심분야 : 인공지능(AI)

이경준 (Kyungjun Lee)



2017년 8월 : 가천대학교 헬스케어
경영학과(학사)
2019년 7월 ~ 현재 :
인핸드플러스(주) 개발자
관심분야 : 인공지능(AI)

허성필 (Sungphil Heo)



2004년 3월 : Tohoku University
(정보통신박사)
1993년 ~ 2014년 : KT 연구소
(팀장, 부장, 수석연구원)
2014년 ~ 2016년 : 금오공과대학교
ICT융합연구센터 교수
2016년 ~ 2019년 : 경운대학교

무인기공학과 학과장, 부교수, 공용장비지원센터
센터장
2019년 9월 ~ 현재 : 국립강릉원주대학교 교수,
ICT기반생태계구축사업단 단장
관심분야 : 사물인터넷(IoT), 디지털 헬스케어, 인공지능,
내용기반멀티미디어검색, 차세대무선통신기술