

보건의료분야의 정보기술 효용성 평가

장혜정 (경희대학교 경영대학 교수), 최모나 (연세대학교 간호대학 교수), 최재영 (한림대학교 경영대학 교수),
김미희 (연세대학교 간호대학 박사과정), 심재선 (경희대학교 의료경영학과 박사과정)

I. 서론

1. 배경 및 필요성

- 보건의료산업은 급속한 정보통신기술의 발전과 스마트 디바이스의 확산으로 급변하는 초연결시대에서 신기술이 적용될 수 있는 차세대 전략산업으로 주목받고 있으나, 보건의료 분야에 정보기술이 활용됨으로써 어떠한 성과가 있는지에 대해서는 종합적으로 알려진 바가 거의 없다. 보건의료정보기술(Health Information Technology; HIT)의 활용이 의료서비스의 질을 향상시켜 국민의 건강수준을 제고하고 보건의료산업의 경쟁력 강화에 기여하기 위해서는 과학적이고 객관적인 근거에 기초한 효용성 확인이 필수적이다.
- 따라서 본 연구에서는 정보기술이 보건의료분야에서 활용된 현황을 정리하고, 정보기술이 활용되어 나타난 효과를 학술적 문헌에서 산출된 근거를 중심으로 정리하고자 한다.
- 본 연구의 결과는 보건의료정보기술의 활용 분야 및 효용성을 확인할 뿐만 아니라, 더 나아가서 향후 정보기술 활용의 발전 및 개선이 필요한 부분까지 파악함으로써 정보기술의 보건의료분야 활용을 촉진하기 위한 근거 자료를 제공할 수 있을 것이다.

2. 효용성 평가 방법

1) 대상 정보기술 및 평가요소

- 본 논문에서 활용과 효용성을 정리할 보건의료정보기술의 범위는 Choi 등(2020)의 연구에서 도출한 정보기술 중 상대적으로 연구성과가 풍부한 인공지능(Artificial Intelligence; AI), 사물인터넷(Internet of Things; IoT), 그리고 환자건강기록(Patient Health Record; PHR)으로 선정하였다[1].
- 선정한 정보기술의 효용성을 평가하기 위해서 우선 효용성이 기대되는 활용분야를 예측 및 진단, 건강관리, 조직관리의 측면에서 포괄적으로 접근하였다.
- 구체적인 효용성 평가는 4개 영역(임상적, 심리행동적, 경영관리적, 사회경제적)의 다각적인

측면에서 진행하였다. 각 영역의 구체적인 평가 항목으로 임상적 측면에서는 약물부작용탐지, 사망률, 재원기간, 재입원, 안전성 등을 파악하였고, 심리행동적 측면에서는 사용자 수용성, 만족도 등, 경영관리적 측면에서는 경영효율성, 그리고 사회경제적인 측면에서는 비용절감 등을 고려하였다.

2) 문헌검색 방법

- 1단계로 기존 연구논문의 결과를 종합하여 분석한 체계적 문헌고찰(Systematic Review; SR)과 메타분석(Meta-analysis) 연구를 검색하여 결과를 통합적으로 정리하였다.
 - 검색 데이터베이스는 PubMed, Cochrane, Embase를 활용하였고, 검색어로 인공지능, 사물인터넷, 환자건강기록의 중심어와 의료영역을 대표하는 “환자”, “병원”을 조합하여 검색하였다.
 - 구체적으로 인공지능은 AI와 Artificial intelligence, 사물인터넷은 IoT와 Internet of things를 검색어로 이용하였고, 환자건강기록은 다양한 용어의 활용을 고려하여 PHR, Personal health record, patient portals, personal health 용어를 활용하여 검색하였다.
 - 최근 5년 이내의 논문으로 한정하여 분석한 결과, AI 영역은 50편, IoT 영역은 10편, PHR 영역은 39편의 논문이 검색되어 전문을 읽고, 분석에 필요한 논문을 선정하였다.
- 체계적 문헌고찰과 메타분석 연구의 평가범위가 제한되는 약점을 보완하며 포괄적인 측면에서 효용성을 파악하기 위하여 2단계에서는 선택된 문헌의 참고문헌 목록, 이를 인용한 논문, 그리고 주요 학술지에 게재된 논문을 추가로 검색하여 개별 문헌에 근거한 효용성 결과를 도출하여 정리하였다. 구체적으로 데이터베이스를 MEDLINE, Web of Science, Embase, CINAHL, ProQuest, ScienceDirect, Scopus, KISS, DBpia, Riss 등으로 확대하여 논문을 검색하여 정리하였다.

3) 정보기술별 문헌고찰 연구 현황

- 데이터베이스 3개(PubMed, Cochrane, Embase)에서 최근 5년간 출판된 체계적 문헌고찰 또는 메타분석 연구 현황은 다음과 같다.
- AI가 적용된 메타분석 논문은 총 13편이었고, 활용영역은 모두 “질병의 예측 및 진단” 분야로 임상적 효용성을 제시하였다. 5편의 논문은 종양(위, 장, 갑상선, 뇌) 여부를 진단하는 연구이며, 2편의 논문은 눈 질환(당뇨병성 망막증, 망막혈관질환), 1편의 논문은 관상동맥 질환에 대한 연구였고, 나머지 5편의 논문은 폐혈증, 폐렴, 태아 심음, 외상, 기분장애에 대한 연구였다.
- IoT의 효용성을 분석한 체계적 문헌고찰은 총 2편이었으며, 기술의 활용영역은 건강관리를 위해 적용한 연구와 IoT 기술이 서비스의 질 향상에 미치는 영향에 대한 연구였으며 임상적, 경영관리적, 사회경제적 효용성 등을 보고하였다.

- PHR의 효용성을 살펴본 논문은 총 4편이었으며, 활용영역은 모두 “건강관리” 분야였다. 1편의 논문에서 PHR이 당뇨병 환자에 미치는 효용성을, 3편의 논문은 대상 질환을 한정하지 않고 만성질환, 건강관리, 예방접종에 대한 임상적, 심리행동적 효용성을 고찰하였다.

II. 정보기술의 효용성이 기대되는 활용 분야

1. 인공지능(AI)

- 인공지능 기술은 환자 중심의 빅데이터를 기반으로 개인 맞춤 의료서비스 제공에 활용될 것으로 예상되며, 반복적이고 일상적인 업무에 대한 자동화로 의료자원의 효율화를 개선시킬 수 있을 것으로 기대된다.
- 전 세계적으로 고령화와 만성질환의 증가, 그리고 소비자 중심의 의료 패러다임의 변화로 질병 예방과 일상 관리 중심의 개인별 맞춤의료로 변화하고 있다[2]. 인공지능은 이러한 상황에 대처할 수 있는 혁신적인 기술영역으로 환자 중심의 빅데이터를 기반으로 질병을 예측하고 예방하며, 질병을 정확히 진단하여 치료법을 추천하는 데 활용될 수 있다[3].
- WHO 보고서에 따르면 2030년까지 전 세계적으로 990만 명의 의사, 간호사 등의 의료 인력의 공급이 부족할 것으로 예상되는데[4], 인공지능은 의료업무의 반복된 작업과 일상적인 작업을 자동화함으로써 환자 및 의료자원 관리에 이르기까지 의료서비스에 빠르게 진입하여 경영효율화에 중요한 역할을 수행할 것으로 전망된다[5].

2. 사물인터넷(IoT)

- 사물인터넷 기술의 경우 국가적 차원에서도 중요성을 인식하고 가전 및 자동차 등 산업 활성화를 지원하고 있는데, 특히 의료기기는 실생활에서 IoT의 영향력이 큰 분야로 선정되어 주목받고 있으며 의료분야 활용영역은 다음과 같다[6].
 - 홈헬스케어: 센서를 활용한 모니터링(낙상 및 발작 감지, 욕창위험감지 등)
 - m-Health 솔루션: 스마트폰과 연계한 다양한 유형의 센서로 모니터링
 - e-Health: 의료기기는 인터넷에 연결되어 다양한 원격 의료서비스 수행(원격 모니터링, 원격상담 및 로봇 보조수술 등)
 - 병원 관리: 물류 공급망 관리, 환자 원격 모니터링, 약물식별 모니터링
- IoT 기술은 점차 보건의료 환경에 광범위하게 적용될 것으로 예상되는데, 환자 측면에서는 건강관리 향상에 도움을 줄 수 있을 것이며, 서비스 제공자 측면에서는 의료서비스 품질 개선, 비용절감, 조직의 자원 관리의 효율화에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.
 - 환자 측면에서 IoT 기술의 사용은 환자가 의료 서비스의 효율성 또는 비용효과성을

높이고 환자 만족도를 높이고 자기 관리를 향상시키는 자가관리 원칙(self-care principles)을 따를 수 있도록 도움을 줄 수 있다.

- 서비스 제공자 측면에서는 IoT 기반 시스템을 통하여 지속적인 주의가 필요한 환자의 생리적 상태를 원격 모니터링하여 의료서비스의 품질을 개선할 수 있으며[7,8], 병원의 자원관리 분야에 새로운 접근 방식을 모색하여 비용을 절감할 수 있을 것이다[9].

3. 환자건강기록(PHR)

- PHR은 개인건강과 관련한 모든 정보, 그리고 이를 바탕으로 제공되는 건강관리 서비스, 그리고 개인건강 데이터와 개인건강관리 서비스를 제공하는 플랫폼을 모두 포함하는 개념으로 헬스케어의 패러다임이 진단·치료에서 예방·관리로 이동하면서 개인의 맞춤형 건강관리 서비스에도 기여할 수 있을 것으로 기대한다.
- 환자건강기록의 경우 미국에서 관련 법규가 제정되면서 많은 병원에서 도입이 확산되었으며, PHR의 구축 유형은 크게 세 가지 유형(stand-alone PHR, EMR-tethered PHR, Interconnected PHR)으로 구분할 수 있는데, 이 중 의료기관 중심의 EMR-tethered PHR이 널리 사용되고 있다.
 - 미국 의회는 보건의료분야 IT 확산을 위해 2009년 건강정보기술법(Health Information Technology for Economic and Clinical Health Act, HITECH)을 제정하였다. 해당 법안은 전자건강기록(Electronic Health Record, EHR)의 의미 있는 사용에 대해 인센티브를 지급하는 내용이며, 이후 대부분의 병원에서 EHR을 도입하였다.
 - 병원의 EHR 기술 도입으로 환자포털(Patient Portal)의 효과에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 이와 같은 PHR의 효용성에 대한 연구는 대부분 북미 지역을 중심으로 수행되고 있다.

III. 정보기술 효용성 평가 결과

1. 인공지능(AI)의 효용성

1) 임상적 효과

(1) 질병 진단의 정확성

- 인공지능과 의료진 및 기존 진단방법을 비교하여 질병 진단의 정확성을 평가한 결과, 총 11개 영역 중 7개 영역에서 인공지능의 진단이 더 높은 정확성을 보이는 것으로 나타났다(표 1 참조).

- 인공지능과 의료진의 진단정확성을 비교한 결과, 6개 영역(위 병변, 바레트 식도, 헬리코박터 유무, 갑상선결절, 망막혈관(STARE, CHASE_DBI 데이터셋))에서는 인공지능의 진단 정확도가 높았으나 3개 영역(대장용종, 뇌병변, 망막혈관(DRIVE 데이터셋))에서는 차이가 없었다.
- 인공지능과 기존 진단법을 비교한 관상동맥 질환 연구 결과, 인공지능을 활용한 진단법의 정확성이 높게 측정되었고[10], 인공지능과 의료진의 진단 일치도를 평가한 태아심음을 측정하는 연구에서는 의료진과 인공지능이 중간 정도의 진단 일치도를 보였다[11].

표 1. AI 기술의 임상적 효과(메타분석문헌 고찰 결과)

저자(년도)	대상질환	진단 정확성*	진단 일치도*	비교 대상
Lui 등(2020a) [12]	위 병변 바레트 식도 헬리코박터 유무	● ● ●		의료진
Lui 등(2020b) [13]	대장용종	○		의료진
Zhao 등(2019) [14]	갑상선결절	●		의료진
Nguyen 등(2018) [15]	뇌병변	○		의료진
Islam 등(2020a) [16]	망막혈관(DRIVE 데이터셋) 망막혈관(STARE 데이터셋) 망막혈관(CHASE_DBI 데이터셋)	○ ● ●		의료진
Tang 등(2019) [10]	관상동맥질환(환자별, 혈관별)	●		기존 진단법
Balayla 등(2019) [11]	태아심음		◎	의료진

*●: 높음, ◎: 중간 정도, ○: 차이 없음(임상적 효과성을 의료진 및 기존 진단법과 비교한 연구만 기술함)

(2) 진단의 성능 평가

- 진단법의 성능 평가는 민감도와 특이도를 이용하여 ROC (Receiver Operator Characteristic) 곡선을 그리고, 곡선 아래 면적(Area Under Curve; AUC)을 측정하여 면적이 넓을수록 좋은 진단 방법으로 판단한다[17].
- 선정된 13편의 인공지능 메타연구에서는 AUC를 20개 영역에 걸쳐 평가하였는데, 연구결과 모두 0.8 이상(범위: 0.88~0.99)으로 측정되어 높은 진단 성능을 나타내고 있었다[10-16,18-20].

(3) 치료 예측, 부작용 및 의료사고 감소

- Bennett과 Hauser (2013)는 임상에 인공지능을 적용함으로써 적합한 치료의 예측, 부작용 감소, 의료사고와 비용 감소, 연구와 실무 분야의 통합이 가능하다고 보고하였다[21].
- 인공지능은 기존 질병의 새로운 유전자형과 표현형을 탐색함으로써 환자 치료의 질과 예후를 개선하는 데 활용될 수 있는데[22], 한 연구는 입원환자에서 투석을 필요로 하는 급성신장손상을 48시간 전에 예측함으로써 조기 치료가 가능하였다고 보고하였다[23].

2) 기타 경영효율성 및 사회경제적 효과

- 경영효율성 개선: McKinsey Global Institute (2020)는 인공지능이 의사와 간호사의 일상적이고 반복적인 일상적 관리의 소요시간을 최대 70%까지 줄일 수 있다고 보고하였다[24].
- 사회경제적 효과: 인공지능의 활용으로 의료비 절감 효과도 얻을 수 있는데, Bennett과 Hauser (2013)에 의하면 임상 의사결정에서 인공지능을 사용함으로써 약 절반의 비용으로 예후가 약 50% 개선된 효과를 얻을 수 있으며[21], Wahl 등(2018)에 따르면 인공지능 어플리케이션 사용으로 미국에서는 2026년까지 매년 약 1500억 달러의 의료비를 절감할 수 있다고 보고하였다[25].

2. 사물인터넷(IoT)의 효용성

1) 경영효율성 개선 및 사회경제적 효과

(1) 업무흐름 개선 및 비용절감

- IoT를 적용한 건강관리에서 가장 중요한 내용인 라이프 스타일 질병 관리, 만성질환자 활동 홈 모니터링, 원격 모바일 의료를 통한 가정 모니터링 및 보안 관리에 대한 사용자의 선호도를 기반으로 평가한 결과, 빠른 반응시간, 비용절감, 낮은 에너지 소비의 효과에 대해 긍정적으로 평가한 논문이 가장 많았으며, 가용성, 보안, 처리량에 대한 효과는 상대적으로 낮은 것으로 나타났다(표 2 참조) [26].

표 2. IoT 기술의 조직관리의 효용성 수준(SR 결과*)

가용성	응답시간	에너지소비	비용	보안	처리량
○	●	◎	●	○	○

*●: 연구대상 논문의 2/3 이상, ◎: 연구대상 논문의 1/3~2/3 미만, ○: 연구대상 논문의 1/3 미만

- IoT는 서로 다른 부문 간의 커뮤니케이션을 보다 쉽고 효과적으로 만들어 사물의 정보 교환과 스마트 식별 및 위치 파악, 효율적 모니터링 및 추적을 가능하게 함으로써 의료비 절감과 고령자의 입원 감소 등의 효과를 보인다[27].

(2) 병원 내부 프로세스 개선으로 대기시간 감소

- IoT 기반 의료 기술은 환자를 찾고 모니터링하는 데 적용될 수 있는 스마트 병원관리시스템을 통해 병원의 업무흐름 관리를 개선시키는 데 도움이 될 수 있다[28].
- 종합병원의 경우 평균 32.3±27.7분 정도의 대기시간을 갖는데, 근거리 무선 IoT를 이용한 종합병원 의료접수시스템에 대한 모의실험 결과, 환자 대기시간이 3.5±5.8분 이상 단축될

것으로 분석되었다[29].

- IoT의 핵심으로 떠오르고 있는 근거리 무선통신 장치를 활용하여 환자는 애플리케이션 설치 후 본인의 정보를 토대로 진료과를 선택하여 접수가 가능하며, 진료 후 처방에 따라 지원 부서에서도 의료기관에서 부여된 정보를 QR코드를 통해 빠른 접수가 가능하다.
- IoT 기술 도입이 10%의 내부프로세스 개선효과를 가져왔다는 202개 일반 기업의 설문조사 결과를 보고한 미래창조과학부(2015)의 연구 결과는 병원 및 헬스케어 산업에서의 프로세스 개선효과를 기대하게 한다[6].
 - 설문분석 결과, 9.9% 운영비 절감, 8.2% 업무시간 단축, 11.8% 생산능력 개선이 보고되었으며, 내부 프로세스의 종합적 개선효과는 총 10%인 것으로 분석되었다.

(3) 잠재적 사회경제적 효과

- McKinsey Global Institute (2015)에 의하면, 2025년 IoT의 잠재적인 경제적 파급효과가 연간 \$3.9~11조에 도달할 것으로 예측하였으며, 이 가운데 건강관리, 질병 모니터링 및 관리에 대한 효과는 \$0.17~1.59조가 될 것으로 전망하였다[30].

2) 기타 임상적 및 심리행동적 개선 효과

- 치료성과 향상: IoT 기반 의료 기술은 전세계 어디서나 실시간 환자 모니터링에 사용될 수 있고 환자의 위험한 이상행동의 식별이 가능해 환자 치료의 전반적인 성과를 개선할 수 있다[31].
- 환자에 대한 의료진의 이해도 증가: IoT 기술은 센서를 통해 축적된 신체활동에 대한 데이터를 추상 미술 디스플레이, 차트, 그래프 등의 시각화를 사용하여 의료 전문가가 환자 데이터를 빠르고 직관적으로 이해하고 해석할 수 있도록 도움을 줄 수 있다[32].
 - 예컨대, PD/HD(Parkinson's and Huntington's Disease) 사례 연구에 의하면, 시각화는 PD가 있는 환자의 떨림 크기의 변화를 보여주고 대조군과 약물 사용 및 사용 중지 상태 간의 차이를 비교할 수 있다. 환자의 팔에 부착된 센서를 통해 데이터의 정량화 및 시각화를 통해 의료 전문가가 중요한 정보를 파악할 수 있다.
- 사용자가 인식하는 스마트 헬스케어 분야의 높은 유용성: 12종 사물인터넷 서비스의 유용성 평균에 비하여 스마트헬스-스마트카 연동, 스마트 헬스케어 질병 예방/관리, 스마트 헬스케어 건강관리, 스마트홈-스마트 헬스케어 연동, 스마트 헬스케어 원격 모니터링 등 스마트 헬스케어 분야의 유용성이 높은 평가를 받았다(3.67 대비 3.73) [33].
- 스마트 헬스케어 분야의 13종 서비스별 만족도 평가결과, 전체 평균(3.92점)보다 만족도가 높았던 서비스는 '영유아 수면 모니터링 장치', '임산부 헬스케어 장치', '혈당 측정계', '혈압 측정기', '산소포화도 측정기'의 5종이었다[33].

3. 환자건강기록(PHR)의 효용성

1) 임상적 효용성

(1) 만성질환 관리 및 예방 효과

- PHR의 효과를 분석한 23개의 선행연구(7편의 Randomized Controlled Trials (RCTs)포함)를 체계적으로 고찰한 Price 등(2015)은 PHR이 만성질환 관리 및 예방에 잠재적으로 효용이 있다고 보고하였다[34].
 - PHR은 당뇨병, 고혈압, 천식, 인간 면역결핍 바이러스(HIV), 출산 관리, 녹내장, 고지혈증 등에 잠재적인 효용이 있다고 보고하였는데, 이들 질환들의 공통적인 특징은 환자의 행동 변화를 통한 자가관리가 중요한 만성질환이라는 것이다. PHR을 통해 혈압, 체온, 혈당 수치 등의 지표가 환자나 의료진에 의해 기록, 관찰 및 추적이 되며 이러한 정보를 바탕으로 의료진은 환자에게 적시 피드백을 제공한다. 이러한 과정을 통해 만성질환 관리의 순기능적 환류가 일어날 수 있다.
- Han 등(2019)은 환자포털 중재가 환자의 임상적 결과에 미치는 영향에 대하여 24개의 선행연구(10편의 RCTs 포함)를 문헌고찰하였는데, 체중감소와 혈당조절 효과를 비교적 긍정적으로 평가하였으며, 혈압관리와 콜레스테롤 조절에 대한 효과는 상대적으로 낮다고 보고하였다(표 3 참조) [35].

표 3. PHR 기술이 만성질환 관리에 미치는 효용성(SR 결과*)

혈압관리	혈당조절	콜레스테롤 조절	체중감소
○	◎	○	●

*●: 전체 리뷰 논문의 2/3 이상, ◎: 전체 리뷰 논문의 1/3~2/3 미만, ○: 전체 리뷰 논문의 1/3 미만

- 이외에도 당뇨관리 개선효과와 예방접종률 제고에 효과가 있다는 일부 연구결과도 보고되지만 근거의 일관성이 부족하거나 미약하다.
 - PHR이 혈당관리 개선에 효과가 있다는 근거가 다수 존재하지만 상충되는 결과도 존재하는 바 근거의 일관성은 다소 부족하다.
 - 당뇨 환자를 대상으로 한 환자 웹 포털(Patient Web Portal)의 효과에 대한 체계적 문헌고찰 연구인 Coughlin 등(2017)은 12개의 선행연구(5편의 RCTs 포함)를 고찰하였는데, 성인 당뇨 환자와 의료진 사이의 보안 메시지(secure messaging) 활용이 혈당관리 개선에 효과가 있다는 관찰연구 결과를 보고하였다[36].
 - PHR은 독감, 폐렴구균, 영아 필수예방 접종 대상 백신 등의 접종률을 높인다는 근거가 존재하지만 그 효과는 크지 않고 후향적 관찰 연구가 다수 포함된 결과이므로 근거의 수준은 강하지 않은 것으로 나타났다[37].

(2) 사망률 및 재입원을 감소 효과

- PHR의 활용이 환자 사망률과 재입원율에 미치는 영향에 대해서는 다소 혼재된 연구결과가 보고되었다.
 - 뉴욕의 한 교육수련병원에서 수행된 3-arm RCT는 입원환자포털 중재의 효과에 대해 연구하였는데, 중재군의 30일 내 재입원율은 일반진료군과 태블릿 pc 사용군에 비해 낮은 것으로 보고되었다[38].
 - 반면, 메이요병원 입원환자를 대상으로 한 후향적 연구에서는 입원환자포털 사용 집단과 미사용 집단의 30일 내 재입원율, 원내 사망률, 30일내 사망률을 비교한 결과 두 집단 사이에서 통계적 차이는 발견되지 않았다[39].

2) 기타 심리행동적, 경영효율성 및 사회경제적 효과

(1) 사용자의 심리행동적 변화

- Han 등(2019)의 체계적 문헌고찰에 의하면 PHR 사용이 건강에 대한 환자의 지식 향상, 의사결정 갈등 감소, 복약순응, 검진 등의 예방적 관리 활동 효과가 있다고 보고하였으며, 근거의 수준은 비교적 높은 것으로 보고되었다[35].

(2) 의료진에 대한 인식 및 치료 순응도

- 환자포털(Patient portal)을 이용하는 경우, 의료진과 건강정보에 대한 인식도에 효과가 있는 것으로 나타났으나, 결과는 혼재되어 있다.
 - 시카고의 한 교육수련병원에서 수행된 한 통제연구는 입원환자포털 어플리케이션 기능이 있는 태블릿 pc 사용이 환자활성화와 지식에 미치는 효과에 대해 연구하였는데, 태블릿 pc를 제공받은 중재군이 대조군에 비해 의사의 이름과 의사의 역할에 대한 인식에 있어서 우수한 결과를 보였다. 그러나 환자 활성화 정도, 담당 간호사의 이름 기억, 계획된 검사 기억, 계획된 처치 기억, 약물 변화 감지 등의 결과에서는 중재군과 대조군 사이에 차이가 없는 것으로 나타났다[40].
 - 뉴욕의 한 교육수련병원에서 수행된 Masterson 등(2019)의 연구 또한 입원환자포털 중재의 효과를 연구하였는데, 중재군은 일반진료군과 태블릿 pc 사용군에 비해 환자활성화 점수에는 차이가 없었으나, 건강정보에 대한 환자 참여수준은 다른 두 집단에 비해 높은 것으로 나타났다[41].
- 치료 순응도는 다수의 연구에서 환자포털 이용의 효과가 높은 것으로 나타났다.
 - 울혈성 심부전 환자 107명을 대상으로 한 RCT 연구에서 환자포털 중재군은 대조군에 비해 더 높은 수준의 치료 순응도를 보였고, 응급실 방문도도 대조군에 비해 많은 것으로 나타났다(20 vs. 8). 그러나 자기효능감에서는 집단 간 차이가 나타나지 않았다[42].

- 우울증 환자에서 환자포털의 효과를 연구한 Simon 등(2011)에서 중재군은 대조군에 비해 항우울제를 더욱 지속적으로 복용하는 것으로 나타났다[43].

(3) 경영효율성 개선

- 캐나다 앨버타 주에서 전자의무기록 중심의 환자포털 이용자 957명을 대상으로 설문조사를 한 결과, 응답자의 48%가 의원 방문과 응급실 방문 등의 의료서비스 이용이 감소했다고 보고하였고, 병원의 예약부도율은 53% 감소한 것으로 나타났다[44].
- 반면, 2005~10년 카이저(Kaiser Permanente)가 미국 콜로라도에서 환자포털 사용 효과를 분석한 결과, 환자포털 사용 집단은 미사용 집단에 비해 의원방문, 일과시간 외 의원방문, 전화상담, 응급실방문, 병원입원 등의 횟수가 높은 것으로 나타났다[45].
 - 한편, 우울증 환자의 환자포털 사용의 효과에 대한 연구에서는 외래방문, 전화상담 등의 빈도에서 중재군과 대조군이 유의미한 차이를 보이지 않았다[43].

IV. 요약 및 결론

1. 정보기술의 효용성 요약

- 본 논문에서 정리한 대표적인 보건의료분야 정보기술 3종(인공지능, 사물인터넷, 환자건강기록)의 효용성을 임상적, 심리행동적, 경영관리적, 사회경제적 측면에서 요약하면 표 4와 같다.
 - 본 논문에서 정보기술의 효용성은 체계적 문헌고찰 또는 메타분석 방법을 이용하여 기존 연구결과들을 종합하여 판단한 효용성을 우선적으로 제시하고, 상대적으로 연구결과 종합이 부족한 영역의 효용성 평가에 대해서는 추가적으로 개별 연구논문의 결과를 정리하였다.
- 각 정보기술을 연구한 기존 문헌들은 임상적, 심리행동적, 경영관리적, 사회경제적 측면의 전 영역에서 크고 작은 효용성을 보였는데, 정보기술의 특성에 따라, 그리고 질환의 종류에 따라 상이한 결과를 보였다.
 - 기존의 체계적 문헌고찰과 메타분석 연구를 고찰한 결과, 전반적으로 기술의 특성에 따라 인공지능과 환자건강기록은 임상적인 효용성에서, 사물인터넷은 경영관리적인 측면에서 높은 효용성을 확인하였다. 물론, 질환 및 활용 영역에 따라 효용성의 크기는 상이한 차이를 보였다.
 - 개별 연구논문의 결과 또한 주영역이 아닌 다른 영역에서 다수의 유의미한 효용성이 보고되었는데, 검증된 연구의 범위 및 규모가 충분하지 않고 근거의 일관성 또한 부족하여 추가적인 연구를 통한 근거생성이 필요하다.

표 4. 문헌분석에 근거한 정보기술별 효용성 평가 결과 요약

정보기술 문헌유형 ¹⁾ 효용성 영역		효용성 평가 결과 ²⁾
인공지능 SR (AI)	임상적	- 진단정확도(의료진 비교): 위병변/바레트식도/헬리코박터 유무 (●), 망막혈관(STARE, CHASE_DBI)(●), 갑상선 결절(●), 대장 용종(○), 뇌병변(○), 망막혈관(DRIVE)(○) - 진단정확도(기존 진단법 비교): 관상동맥 질환(●) - 진단일치도: 태아심음(◎) - 진단성능: 20개 영역에서 AUC 0.88~0.99로 높음
	개별 문헌	- 적합한 치료예측, 부작용 감소, 의료사고와 비용감소, 연구와 실무 통합
	경영 관리적	- 의료진의 반복적, 일상적 업무 소요시간 최대 70% 제거 또는 최소화
사물 인터넷 (IoT)	사회 경제적	- 임상 의사결정에서 인공지능의 활용으로 절반의 의료 비용으로 약 50% 예후 개선 - 인공지능 어플리케이션 사용으로 2026년까지 \$1,500억/년 의료 비용 절감
	SR	- 환자 모니터링 및 이상행동 식별로 치료의 전반적 성과 향상
	경영 관리적	- 의료기관의 업무흐름 관리 개선 - IoT적용 건강관리에 대한 사용자 선호도 효과: 응답시간(●), 비용(●), 에너지소비(◎), 가용성(○), 보안(○), 처리량(○)
개별 문헌	임상적	- 환자 데이터에 대한 의료전문가의 이해 및 해석에 도움
	심리 행동적	- IoT 서비스 유용성에 대한 평가결과 평균(3.67점)보다 높은 스마트 헬스케어 분야 만족도(3.73점) - 스마트 헬스케어 분야 만족도 높은 서비스: 영유아 수면 모니터링, 임신부 헬스케어, 혈당 측정계, 혈압 측정기, 산소포화도 측정기
	경영 관리적	- 근거리 무선 IoT를 활용한 대기시간 단축(3.5±5.8분 이상) - 매출액 개선 및 내부 프로세스 개선(운영비 감소, 업무시간 단축, 생산능력 확대)
	사회 경제적	- 의료비 절감, 고령자 입원을 감소 - 건강관리, 질병 모니터링 및 관리에 대한 \$1,700억~\$1조 5,900억의 잠재적 경제적 효과 예측(2025년)
	SR	- 만성질환(당뇨병, 고혈압, 천식, 인간면역결핍 바이러스(HIV), 출산 관리, 녹내장, 고지혈증 등) 관리에 잠재적 효과 - 만성질환 관리: 체중감소(●), 혈당조절(◎), 혈압관리(○), 콜레스테롤 조절(○)
환자 건강 기록 (PHR)	심리 행동적	- 예방적 관리 행동 변화에 효과: 환자 지식 향상, 의사결정 갈등 감소, 복약순응, 검진 등
	개별 문헌	- 일부 연구에서 재입원을 감소 효과
	심리 행동적	- 의료진의 이름과 의사역할 인식, 건강정보 환자 참여 수준, 치료/투약 순응도에서 효과
	경영 관리적	- 전자의무기록 중심 환자포털 도입으로 병원 예약부도율 53% 감소
	사회 경제적	- 전자의무기록 중심 환자포털 도입 후 응답자의 48%가 의료서비스 이용 감소 - 환자포털 사용자는 미사용 집단에 비해 일과시간 외 병원방문, 전화 상담 횟수 증가

¹⁾SR: Systematic Review 또는 Meta-analysis; ²⁾●: 강한 크기의 근거, ◎: 중간 크기의 근거, ○: 약한 크기 또는 무의미한 근거

2. 효용성 평가의 한계 및 제언

1) 효용성 평가를 위한 연구범위의 한계

- 효용성 평가를 시도함에 있어서 객관적인 연구결과를 근거로 판단하고자 비교적 연구가 활발한 보건의료분야의 대표적인 정보기술인 AI, IoT, PHR을 선정하였고, 체계적 문헌고찰 또는 메타분석의 연구결과 고찰을 통해 효용성을 정리하였다. 그러나 연구방법 및 범위의 측면에서 다음과 같은 한계가 있다.
 - 본 연구가 검토한 연구들은 대부분 북미 지역에서 수행된 연구 결과이므로 이를 국내 보건의료 환경에 일반화하기에는 한계가 있다. 한국인 및 국내 의료환경에서 활용되는 정보기술의 효용성을 판단하는 연구의 활성화로 추가적인 근거의 생성 및 확보가 요구된다.
 - 연구의 범위 및 규모의 한계를 극복하고자 개별 논문의 연구결과를 추가적으로 고려하였지만, 여전히 미흡한 대표성의 제약점은 남아 있으므로 일반화 부족 및 출판편향의 한계를 고려하여 효용성을 판단해야 할 것이다.
- 정보기술의 발전과 보건의료분야에서의 활용도가 높아지면서 정보기술의 효용성 관련 연구결과 및 문헌이 산출되고 있으나, 아직까지는 특정 질환 및 데이터셋을 대상으로 진행된 국한된 범위의 연구가 중심이 되고 있어서 연구의 범위 확대가 요구된다.
 - 예컨대, 인공지능의 경우 주로 암, 심혈관, 안과 질환 등 질병에 국한되어 있고 특정 공용 데이터셋 기반의 이미지 중심 연구가 대부분이다. 만성질환과 감염질환이 증가하고 있는 상황에서 이에 대한 예측과 진단에 대한 알고리즘 개발과 연구가 지속되어야 한다. 또한 공용 데이터셋을 활용하여 데이터 모델 훈련 및 검증을 수행하였기 때문에, 실제 병원 환경에서 다양한 환자의 데이터를 활용하여 알고리즘을 지속적으로 검증하며 개선하는 과정이 필요하다.

2) 보건의료분야 정보기술의 효용성 제고를 위한 제언

- 보건의료분야에서 정보기술의 효용성을 극대화하기 위해서는 각 기술의 역할과 활용방법에 대해 다각적으로 분석하고 평가하여 강점을 극대화하고 한계를 개선하여 활성화하는 전략적인 접근이 필요하다.
 - 향후 인공지능 영역이 국내 의료현장에 확장될 때, 품질 및 기술의 확인이 선행되어야 할 것이다. 또한 전략적 목표에 부합하는 활용 수준을 정의함으로써 국내에 적합한 인공지능 플랫폼 및 서비스의 개발을 가속할 수 있을 것이다.
 - 사물인터넷의 경우에는 타 산업에 비해 보건의료 분야에 도입된 사례가 많지 않아, 기술 도입에 따른 효과를 검증하기 위한 연구가 충분하지 않다. 향후 스마트 헬스케어의 비용이 낮아져 소비자의 접근성이 개선되면 사물인터넷을 적용한 건강관리의 산업

활성화에 크게 기여할 것이며 효용성 평가에 대한 연구도 활발해질 것으로 기대된다.

- 환자건강기록의 경우에는 경영관리적 및 사회경제적 효용성 연구가 부족하다. 예를 들면, 진료프로세스의 개선으로 조직관리의 효율성 제고, 만성질환의 효과적 관리와 중복검사와 처방 감소로 인한 건강보험 재정 건전성 강화 등과 같은 사회경제적 효용성에 대한 체계적이고 포괄적인 근거 생성이 필요하다.
- 정보기술 활용의 확장을 위한 적극적인 연구개발 또한 수반되어야 할 것이다. 예컨대, 인공지능의 경우 현재 이미지 기반의 진단 중심으로 활용되고 있고, 질병 예측을 위한 기술이나 연구는 상대적으로 부족하다. 질병 발생의 예측과 이에 대한 대처는 개인적, 사회적 부담을 감소시켜 효용성을 제고할 수 있으므로 이에 대한 연구 개발이 활발히 이루어져야 할 것이다.
- 또한 의료서비스를 제공함에 있어서 임상적 의사결정에 대한 환자 개인의 선호도 및 가치가 반영될 수 있도록 보건의료 분야의 정보기술 효용성 평가에서 소비자 즉, 환자 입장에서의 효용성이 적극적으로 고려되어야 할 것이다.

V. 참고문헌

1. Choi M, Kim M, Kim JA, Chang H. Building consensus on the priority-setting for national policies in health information technology: A delphi survey. *Healthc Inform Res.* 2020;26(3):229-237.
2. Bauer AM, Thielke SM, Katon W, Unützer J, Areán P. Aligning health information technologies with effective service delivery models to improve chronic disease care. *J Prev Med.* 2014;66: 167-72.
3. Jiang F, Jiang Y, Zhi H, Dong Y, Li H, Ma S, et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke Vasc Neurol.* 2017;2(4):230-43.
4. World Health Organization. Global strategy on human resources for health: workforce 2030. 2016
5. Collins GS, Moons KG. Reporting of artificial intelligence prediction models. *The Lancet.* 2019;393(10181):1577-9.
6. Ministry of Science. Study on the effect of the IoT introduction, Korea Association for ICT Promotion. 2015
7. Distefano S, Bruneo D, Longo F, Merlino G, Puliafito A. Hospitalized patient monitoring and early treatment using IoT and cloud. *BioNanoScience.* 2016;7(2):1-4.
8. Moser LE, Melliar-Smith, P. Personal health monitoring using a smartphone. In: *Mobile services (MS), 2015 IEEE international conference on.* IEEE. 2015
9. Kulkarni A, Sathe S. Healthcare applications of the Internet of Things: a Review. *Int J Comput Sci Inf Technol* 2014;5(5):6229-6232.
10. Tang CX, Wang YN, Zhou F, Schoepf UJ, Assen MV, Stroud RE, et al. Diagnostic performance of fractional flow reserve derived from coronary CT angiography for detection of lesion-

- specific ischemia: A multi-center study and meta-analysis. *Eur J Radiol*. 2019;116:90–7.
11. Balayla J, Shrem G. Use of artificial intelligence (AI) in the interpretation of intrapartum fetal heart rate (FHR) tracings: a systematic review and meta-analysis. *Arch Gynecol Obstet*. 2019;300(1):7–14.
 12. Lui TKL, Guo CG, Leung WK. Accuracy of artificial intelligence on histology prediction and detection of colorectal polyps: a systematic review and meta-analysis. *Gastrointest Endosc*. 2020;92(1):11–22 e6.
 13. Lui TKL, Tsui WWM, Leung WK. Accuracy of artificial intelligence-assisted detection of upper GI lesions: a systematic review and meta-analysis. *Gastrointest Endosc*. 2020;92(4):821–830.
 14. Zhao WJ, Fu LR, Huang ZM, Zhu JQ, Ma BY. Effectiveness evaluation of computer-aided diagnosis system for the diagnosis of thyroid nodules on ultrasound: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(32):e16379.
 15. Nguyen AV, Blears EE, Ross E, Lall RR, Ortega-Barnett J. Machine learning applications for the differentiation of primary central nervous system lymphoma from glioblastoma on imaging: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Focus*. 2018; 45(5): E5.
 16. Islam MM, Poly TN, Walther BA, Yang HC, Li YJ. Artificial intelligence in ophthalmology: A Meta-Analysis of deep learning models for retinal vessels segmentation. *J Clin Med*. 2020;9(4):1018.
 17. Carter JV, Pan J, Rai SN, Galandiuk S. ROC-ing along: Evaluation and interpretation of receiver operating characteristic curves. *Surgery*. 2016;159(6):1638–45.
 18. Hassanipour S, Ghaem H, Arab-Zozani M, Seif M, Fararouei M, Abdzadeh E, et al. Comparison of artificial neural network and logistic regression models for prediction of outcomes in trauma patients: A systematic review and meta-analysis. *Injury*. 2019;50(2):244–50.
 19. Islam MM, Nasrin T, Walther BA, Wu CC, Yang HC, Li YC. Prediction of sepsis patients using machine learning approach: A meta-analysis. *Comput Methods Programs Biomed*. 2019;170:1–9.
 20. Li Y, Zhang Z, Dai C, Dong Q, Badrigilan S. Accuracy of deep learning for automated detection of pneumonia using chest X-Ray images: A systematic review and meta-analysis. *Comput Biol Med*. 2020;123:103898.
 21. Bennett CC, Hauser K. Artificial intelligence framework for simulating clinical decision-making: A Markov decision process approach. *Artif Intell Health*. 2013;57(1):9–19.
 22. Mazzanti M, Shirka E, Gjergo H, Hasimi E. Imaging, health record, and artificial intelligence: hype or hope? *Current cardiology reports*. 2018;20(6):48.
 23. Tomašev N, Glorot X, Rae JW, Zielinski M, Askham H, Saraiva A, et al. A clinically applicable approach to continuous prediction of future acute kidney injury. *Nature*. 2019;572(7767):116–9.
 24. Angela S, Solveigh H, Jonathan J. Transforming healthcare with AI: The impact on the workforce and organizations [Internet]. New York, United States; McKinsey & company; 2020 [cited at 2020 December 22]. Available from: <https://www.mckinsey.com/industries/>

- healthcare-systems-and-services/our-insights/transforming-healthcare-with-ai
25. Wahl B, Cossy-Gantner A, Germann S, Schwalbe NR. Artificial intelligence (AI) and global health: how can AI contribute to health in resource-poor settings? *BMJ global health*. 2018;3(4):e000798.
 26. Parvaneh A, Amir MR, Hamid HSJ. Internet of Things applications: A systematic review. *Computer networks*, 2019;148:241-261.
 27. Alharbe N, Atkins AS, Akbari AS. Application of ZigBee and RFID technologies in healthcare in conjunction with the Internet of Things. *Proceedings of International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia - MoMM'13*, ACM Press New York; 2013; New York, USA. p.191-195.
 28. Alharbe N, Atkins SA. A study of the application of automatic healthcare tracking and monitoring system in Saudi Arabia. *Int. J. Pervasive Comput. Commun.* 2014;10(2):183-195.
 29. Baek YJ, Lee YS, Oh JC. A Study on the near field IoT medical receipt system based on uncontact. *The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, 2020; 15(4):785-790.
 30. McKinsey & Company. *The internet of things: Mapping the value beyond the hype*. McKinsey Global Institute. 2015
 31. Sushilan A. Survey of real time healthcare. *Int J Eng Sci Res Technol*. 2015;1(4):728-736.
 32. Hadi H, Karthik D, Omid RS, Andrew BD, Gaurav S, Tolga S. A Survey of healthcare internet of things(HIoT): A clinical perspective, *IEEE Internet Things J*, 2020;7(1)
 33. Park YR, Son SY, Kim CW, Kang HY, Oh JS, Kim HY, et al. *Internet Evolution and Socioeconomic Paradigm Change: Focused on the Internet of Things*, KISDI, 2015.
 34. Price M, Bellwood P, Kitson N, Davies I, Weber J, Lau F. Conditions potentially sensitive to a personal health record (PHR) intervention, a systematic review. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2015;15:32.
 35. Han HR, Gleason KT, Sun CA, Miller HN, Kang SJ, Chow S, et al. Using patient portals to improve patient outcomes: Systematic Review. *JMIR Hum Factors*. 2019;6(4):e15038.
 36. Coughlin SS, Williams LB, Hatzigeorgiou C. A systematic review of studies of web portals for patients with diabetes mellitus. *Mhealth*. 2017;3:23.
 37. Balzarini F, Frascella B, Oradini-Alacreu A, Gaetti G, Lopalco PL, Edelstein M, et al. Does the use of personal electronic health records increase vaccine uptake? A systematic review. *Vaccine*. 2020;38(38):5966-5978.
 38. Masterson Creber RM, Grossman LV, Ryan B, Qian M, Polubriaginof FCG, Restaino S, et al. Engaging hospitalized patients with personalized health information: a randomized trial of an inpatient portal. *J Am Med Inform Assoc*. 2019;26(2):115-123.
 39. Dumitrascu AG, Burton MC, Dawson NL, Thomas CS, Nordan LM, Greig HE, et al. Patient portal use and hospital outcomes. *J Am Med Inform Assoc*. 2018;25(4):447-453.
 40. O'Leary KJ, Lohman ME, Culver E, Killarney A, Randy Smith G Jr, Liebovitz DM. The effect of tablet computers with a mobile patient portal application on hospitalized patients' knowledge

- and activation. *J Am Med Inform Assoc.* 2016;23(1):159–65.
41. Masterson Creber RM, Grossman LV, Ryan B, Qian M, Polubriaginof FCG, Restaino S, et al. Engaging hospitalized patients with personalized health information: a randomized trial of an inpatient portal. *J Am Med Inform Assoc.* 2019;26(2):115–123.
 42. Ross SE, Moore LA, Earnest MA, Wittevrongel L, Lin CT. Providing a web-based online medical record with electronic communication capabilities to patients with congestive heart failure: randomized trial. *J Med Internet Res.* 2004;6(2):e12.
 43. Simon GE, Ralston JD, Savarino J, Pabiniak C, Wentzel C, Operskalski BH. Randomized trial of depression follow-up care by online messaging. *J Gen Intern Med.* 2011;26(7):698–704.
 44. Graham TAD, Ali S, Avdagovska M, Ballermann M. Effects of a Web-based patient portal on patient satisfaction and missed appointment rates: Survey study. *J Med Internet Res.* 2020 May 19;22(5):e17955.
 45. Palen TE, Ross C, Powers JD, Xu S. Association of online patient access to clinicians and medical records with use of clinical services. *JAMA.* 2012;308(19):2012–9.