

스마트 의료환경에서 시설공간 요구에 관한 기초연구

- 한국 미국 종합병원 사례를 중심으로

A Fundamental Study on the Facility Space Planning in a Smart Health Environment

- Focusing on General Hospital Cases in Korea and United States

김영애* Kim, Youngaee | 이승은** Lee, Seungeun | 김신환*** Kim, Sinhwan

Abstract

Purpose: The development of a smart health environment begins with patient safety and is expanding to improve quality and healthcare services. Currently, guidelines for smart health environments are being proposed for the design of medical institutions. This study analyzes smart health environment data from eight hospitals in the United States and South Korea to identify facility space requirements. **Methods:** Data collection used the Gemini family of models API to categorize and evaluate the relationship between technology and physical space. **Results:** The findings establish a three-part framework for smart healthcare: technology (medical IT, robotics, and telecommunications), effectiveness (safety and resource efficiency), and facility space. Smart technology activity is highly concentrated in outpatient departments, operating rooms/treatment rooms, IT centers, laboratory, and medical equipment/medicines across both regions. However, spatial priorities differ; US hospitals show high technology density in operating and treatment rooms, which require larger footprints for robotic and hybrid surgeries, while Korean hospitals show greater integration in wards areas. **Implications:** It is suggested that phased smart technology guidelines tailored to specific medical functions are essential for the effective configuration of facility spaces in future healthcare environments.

주제어: 스마트 의료환경, 시설공간 요구, 종합병원, 의료IT, 환자안전

Keywords: Smart Health Environment, Facility Space Planning, General Hospital, Medical IT, Patient Safety

1. 서론

1.1 배경 및 목적

1997년 미국의 병원에서 의료과오로 사망하는 사람이 44,000~98,000명/년으로써 매일 제트여객기 한 대씩이 추락하는 규모의 재앙이라는 충격적인 보고서가 나왔다. 이후 미국 정부와 의료계는 안전한 의료환경을 마련하기 위하여 환자안전재단을 설립하는 등 가능한 해결책을 강구하여 왔다. 1999년 미국 국립의학연구소에서 발간한 '인간은 실수하기 마련이

다'(Institute of Medicine, IOM, 1999)와 실수는 병원의 복잡화된 시스템 맥락에서 기술상 절차상 일어날 수 있는 과실로 보며 인간의 상태는 바꿀 수 없지만 인간이 일하는 조건은 바꿀 수 있다(James, 2000)라는 전제로 유용한 틀을 마련하였다. 사고는 검사, 진단, 치료, 환자관리, 물품관리, 장비 운영 등 여러 가지 병원체계와 개인을 넘어, 업무환경, 의사소통, 기술적, 심리적, 구조적 요인들이 합쳐져 지극히 복합적인 작용으로 일어난다. 그리고 의료 서비스의 안전성과 효율성을 향상시키는 중요한 수단으로 정보 기술(IT)이 인식되고 있다(IOM, 2012, Singh etc., 2016). 환자안전과 의료IT를 활용하여 미국에서는 2011년 EMR의 '의미 있는 활용(Meaningful Use)'이 시행되고, 한국에서는 2020년부터 '전자의무기록시스템 인증제'를 시행하고 있다(Tanner etc., 2015).

* 회장, 교수, 의료공간디자인학과, 건양대학교
(주저자: yakim1@konyang.ac.kr)

** 회원, 석사과정, 건축학과, Texas A&M (cathy0819@tamu.edu)

*** 회원, 석사과정, 컴퓨터사이언스학과, East Texas A&M
(교신저자: sinhwan0211@gmail.com)

또한 의료 첨단기술의 발전에 따라 1999 다빈치 로봇수술, 2015년 유전체 이용 정밀의학, 1997년 원격진료, 최근 2000년 딥러닝 기술의 발전과 방대한 의료 데이터(전자의무기록 등)의 축적으로 인해 AI는 영상의학, 신약 개발, 개인 맞춤형 의료 등에서 확대되고 있다. 이러한 기술을 활용한 스마트 의료환경은 의료정보와 의료장비를 통해 고품질 의료와 환자안전을 지향하고 나아가 환자만족도를 높이고 탄소절감 등의 친환경 접근으로 효율성과 최적성을 도모하고자 한다(공현중 외, 2021). 현재 의료기관의 계획 및 설계에 있어서도 스마트 의료환경 구축이 요구되고 있다. 첨단화하는 정보AI기술, 기계기술 및 친환경 기술을 반영하는 병원환경에 대해서 해당 시설의 공간 범위, 스마트 기술의 범위와 목표 등을 설정하기는 쉽지 않은 일이다.

이에 본 연구에서는 한국과 미국의 병원사례를 중심으로 의료기관에서 도입하고 있는 스마트 의료환경에 대해 관련 시설 공간을 중심으로 해당 공간을 찾아보고자 한다. 이를 통해 스마트 의료환경을 조성하는 병원에서 고려해야 하는 시설공간의 계획 방향을 찾아나갈 수 있을 것이다. 또한 연구 결과를 활용하여 병원 계획 및 공사비산정, 장애 확장 등에서도 스마트한 환경에 대한 준비, 시행, 회복 등을 지속적으로 구축해 나갈 수 있을 것이다.

1.2 연구방법

본 연구에서는 의료기관의 스마트한 의료환경에 대한 시설 공간을 조사하고자 한다. 첫째 스마트 의료환경에 대해 조사 항목으로는 세가지로 분류한다. ① 스마트 기술은 정보화, 로봇·정밀화, 원격화, 친환경 등으로 나누어 구분한다. ② 스마트 기술도입 효과로는 환자안전, 의사결정지원 신기술활용, 만족도를 위한 서비스 효율향상, 인적물적 운영관리이다. ③ 스마트 기술이 활용되는 시설 공간에서는 예비조사를 토대로 병동부, 중앙진료부, 외래부, 중앙공급부, 시설설비부, 정보센터 등으로 구분한다.

둘째 미국 및 한국의 스마트 의료환경 도입 병원으로는 미국 병원으로 클리블랜드 클리닉 (Cleveland Clinic), 존스 홉킨스 병원 (Johns Hopkins Hospital) 브리검 여성 병원(Brigham and Women's Hospital), 올랜도병원(AdventHealth Orlando Hospital), 한국병원에서는 삼성서울병원, 분당서울대병원, 용인 세브란스병원, 고대안암병원 등 전체 8개 병원을 대상으로 조사하였다. 8개 병원은 뉴스위크지 선정 25년 스마트병원 상위에 있는 병원에서 범위를 선정하였다(송수진, 2025).

셋째, 데이터 수집 방식은 예비조사와 본조사로 구분한다. 예비조사에서 데이터 수집 방식은 병원명 + 의료진, 의료활동, 의료장비, 의료시설, 설비 + 디지털 전환, 시스템 고도화, 비대면, 스마트 서비스, 간호기록, 친환경, 환자만족도 조합을 만들어 내어 구글 검색 크롤링을 통해 데이터를 무차별 대입방식(brute force approach)으로 수집 진행한다. 1차 수집 후 중복 및 검색 키워드가 없는 무관한 내용들은 필터링 했고, 최종적으로 각 로우데이터의 내용 및 링크 내용들을 직접 수동으로 확인하여 중

복 및 무관한 내용들을 제거한다. 본조사 데이터 수집 방식은 Gemini LLM API(대규모 언어 모델(LLM) 영역에서 애플리케이션 프로그래밍 인터페이스(API))를 이용한 수집이다. 병원 2개소에 대해 예비방법과 본방법을 진행하여 데이터 수집이 유사하게 나타나는 것으로 확인하여 본조사 방법으로 데이터를 수집하였다.

본조사 Gemini Research Prompt 설계에서 연구 목적, 연구 프레임워크, 검색전략을 지정하고 데이터를 수집하도록 명령한다. 연구 프레임워크에서는 1) Hospital Overview & Digital Maturity, 2) Terminology & Smart Environment Definition, 3) Facility Specific Smart Infrastructure /미국소재병원 검색시(A. Medical Personnel, B. Medical Equipment, C. Clinical Facilities D. Infrastructure System) 3) Facility Specific Smart Infrastructure /한국소재병원 검색시(A. 의료진, B. 의료장비, C. 임상시설 D. 인프라 설비) 4) Healthcare Quality Initiative at Hospital Name(A. Technology Advancement, B. Environmental Sustainability, C. Patient Satisfaction & Experience), 5. Specific Implementations & Case Studies, 6. Comparative Context 로 구성한다.

분류기준에서는 수집 텍스트데이터를 가지고 병원프레임워크를 기반으로 3차원 분류체계를 수립하고 직접 Labeling을 수행한다. X축: 의료시설 공간: 17개 세부항목으로 구성한다. Y축: 스마트 기술로서 15개 기술요인으로 분류한다. 마지막으로 Z 축: 의료서비스 성과로서 12개 성과로 분류한다.

마지막으로 오류 통제에 대해서 생성형 AI의 자동화 능력 및 자료수집능력과 연구자의 판단력을 결합한 혼합방식을 적용하였다. 오류 통제 방법으로 출처기반 검증 및 불확실성 배제, 그리고 연구자의 주도적 개입으로 LLM을 단순 정보수집 보조자 역할로 한정하고, 데이터 해석, 가치판단, 최종 카타고리 할당 등을 연구자가 직접 수행하여 AI 모델의 편향이 결과에 미치는 영향을 차단하였다.

2. 스마트 의료환경 기준

2.1 8개 병원 일반사항

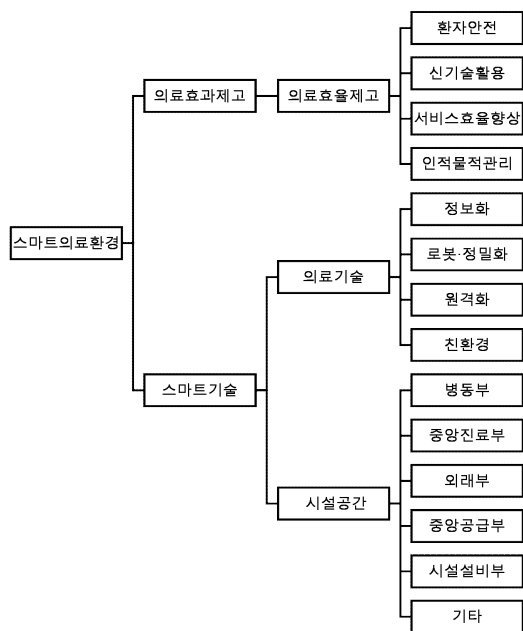
8개 병원의 일반사항은 병상수 708~2,966개이며, 대형의 종합병원이다. 직원수는 3,290~21,000명이며, 병원 내 정보혁신센터에서 병원의 디지털 전환을 주도하고 의료품질 향상, 환자 안전 및 운영 효율성 최적화를 위한 핵심 사령탑 역할을 수행하며, 스마트한 의료환경 구축에 대해 지속적으로 광범위하게 시도하고 활용해 나가고 있다. 스마트병원 순위가 대부분 상위로 나타나며, 올랜도병원은 규모가 크고, 분당서울대 병원 및 용인 세브란스 병원은 분원 중에서도 스마트중심병원으로 나타나고 있다.

[표 1] 미국과 한국 병원 사례 일반현황

의료기관(약자)	병상수 (개)	연면적(m ²) 직원수(명)	정보센터/ 스마트순위(25yr)
미국	클리블랜드클리닉 (Cl)	1,318 700,000 16,000	Parker data center/2위
	존스홉킨스병원 (Jo)	1,100 10,914	Capacity command center/4위
	브리검여성병원 (Br)	850 92,100 9,980	Digital innovation hub/3위
	올랜도병원 (Or)	2,966 -	Innovation Tower/-
한국	삼성서울병원 (Sa)	2,000 198,130 8,200	디지털혁신 센터/1위
	분당서울대병원 (Bu)	1,432 135,357 5,480	빅데이터센터 /5위
	고대안암병원 (Ko)	981 145,000 3,290	디지털헬스 케어센터/10위
	용인세브란스병원 (Yo)	708 111,633 -	디지털의료 산업센터/-

2.2 스마트 의료환경에 대한 기초데이터

환자안전을 확보하고 의료서비스 품질을 높이고자 도입되는 스마트 의료환경에 대해 두 개 병원을 대상으로 환자, 의료진, 스마트 의료활동, 의료장비, 의료시설 및 설비 + 디지털 전환, 시스템 고도화, 비대면, 스마트 서비스, 간호기록, 친환경+ 환자 만족도, 효율성, 진료최적화 등을 조사하였다. 스마트 의료환경 조사를 통해 스마트 의료기술과 효과성 그리고 스마트 의료활동이 이루어지는 시설 및 설비로 분류하여 시설 공간을 파악하고자 한다.



[그림 1] 스마트의료환경과 시설공간 구성도

스마트 의료기술은 정보화, 로봇·정밀화, 원격화, 친환경 등으로 구성된다. 정보화는 데이터와 소프트웨어를 중심으로 시스템을 지능화하고 연결하는 단계로서, 정보화, 디지털화, 지능

형 등으로 구분된다. 기계화는 물리적인 수단과 장비를 통해 생산성을 높이고 정밀한 작업을 수행하는 단계로서, 기계화, 자동화, 로봇화·VR, 정밀화 등으로 구성된다. 원격화는 물리적 거리에 제약없이 실시간 모니터링하고 서비스를 제공하는 단계이고 원격모니터링, 원격진료, 디지털치료제로 나타난다(김선경 외, 2020). 스마트의 특성으로 자원소모를 줄이고 환경부하를 최소화하는 친환경에서는 탄소절감, 에너지절감, 친환경자재·디자인, 공간관리, 폐기물절감·재활용, 환자중심환경, 첨단이동수단으로 구분된다.

스마트 의료환경 효과 및 효율에서는 의료품질과 환자안전 제공, 의사결정 지원과 미래형 환경, 서비스효율 향상, 마지막으로 인적 물적 자원관리 효율화로 구성된다. 환자안전 제공에는 환자안전, 감염관리, 질관리 등으로 구분되고, 미래형 신기술혁신에는 데이터기반 구축, 의사결정지원, 신기술활용 등이 나타나고 서비스효율 향상에서는 환자서비스만족, 의료진 집중향상, 자원활용 최적화 등이다. 자원관리 효율화에서는, 인적·물적 자원관리, 병상 및 시설관리, 데이터 및 환자흐름관리로 구분된다.

스마트 의료환경 활용 공간으로는 시설 부문별로 구분하여, 병동부, 중환자실, 수술실·치료실, 검사실, 중앙공급실, 외래부, 연구회의실, 휴게실, 응급부, 에너지, 행정부, 발전기실, 조명, 정보센터, 통신, 장비·의약품, 스마트룸으로 구성된다(김세련 외, 2020).

3. 스마트 의료환경 사례 조사

3.1 미국 병원 사례의 관계성

미국 4개 병원의 스마트 의료환경 사례 건수는 Br 30건, Jo 29건, Cl 27건, Or 19건으로 수집되어 전체 105건으로 나타난다. 수집된 사례 건수를 대상으로 스마트 의료환경에 대해 시설공간축(x축), 스마트기술축(y축), 효과축(z축)으로 구분하여 나타낸 그래프를 [표 2]에서 보여주고 있다.

Br 산점도에서 보면 y축 스마트 의료기술이 고루 분산되며, 이는 z축 최적진료 지원을 위한 미래혁신기술과 관계성을 나타낸다. x축에서는 수술실·치료실, 검사실 등에서 스마트 의료환경이 적용되고 있는 것으로 나타난다. 수술실 등에서 로봇수술과 VR 등이 일어나는 미래 혁신기술의 도입이 진행되고, 검사실에서 AI 지능 정보화로 예측모델을 제공하고 있다.

행정업무를 줄이고, 검사실 및 진료부문에서 지능형 AI를 이용하여 질병예측, 수술실에 AR도입, 수술실-MRI-PetCT 연결, 환자 유전자정보 구축하여 신생아중환자실 경우 질환 예측, 3d 프린터이용 수술계획, 자동주사펌프 또는 항암 주사제 로봇조제, 원격진료, 드론 이용 의약품 수송 전달 등이 스마트 기술로서 활용되고 있다.

Jo 산점도에서 보면 y축 스마트 의료기술이 고루 분산되며, 이는 z축에서 환자안전 효과와 미래혁신기술로서 두 개의 관계성이 나타난다. x축에서는 미래혁신기술의 경우 병동부와 수술실·치료실과 연관되고, 환자안전 등의 경우 통합정보센터, 전기, 통신, 조명 등에서 활용되고 있다. 환자안전의 경우 정보화 지

능화를 통해 안전을 도모하고 있음을 보여준다. 데이터를 통해 스마트 의료환경이 적용되고 있는 것으로 나타난다.

의료데이터의 양과 보안관리, 중환자실, 검사실에서 지능형 연조직봉합수술 가능, 3d 프린티어용 수술계획, 환자 의료진 교육 VR 활용, 환자 디지털트윈 구축, 로봇 주사제 조제, 지역사회 학교기반 원격진료, 드론 이용 의약품 수송 전달 등이 스마트 기술로서 활용되고 있다.

CI 산점도에서 보면 y축 스마트 의료기술은 정보화를 제외한 나머지 부문에서 나타나고 있다. z축에서는 미래혁신기술과 운영효율성과의 관계성을 나타낸다. x축에서는 병동부, 중환자실, 수술실·치료실 등에서 신기술이 활용되고 외래부, 연구부, 휴게 공간에서 원격모니터링, 친환경기법을 통해 환자중심환경을 만들어 가는 스마트 의료환경이 적용되고 있는 것으로 나타난다.

의료데이터의 쿼터시스템 관리, 환자관리 모바일, 환자데이터 이용 지능형 AI를 이용하여 질병 및 행태예측, 수술실에 AR 도입, 음파이용치료기, 3d 프린티어용 수술계획, 환자 의료진 교육 VR 활용, 환자 디지털트윈 구축, 물류이송로봇, 원격진료, 에너지 절감 노력, 스마트룸 등이 스마트 기술로서 활용되고 있다.

Or 산점도에서 보면 y축 스마트 의료기술이 에너지절감관련 내용을 제외하고 자동화와 원격모니터링 및 환자중심환경에서 나타난다. 이는 z축에서 자동화 등은 미래혁신기술과 관련되고 환자중심환경 등은 자원관리 효율성과 관계된다. x축에서는 병동부 중앙진료부, 외래부, 공용부, 행정부 등에서 스마트 의료환경이 적용되고 있다.

정보화를 통한 환자흐름관리, 데이터 통합관리, 의료데이터를 이용하여 환자 질환예측, 수술실에 로봇보조수술, 환자 의료진 교육 VR 활용, 스마트룸, 에너지절감, 탄소절감, 물사용 중수 사용 등이 스마트 기술로서 활용되고 있다.

3.2 한국 병원 사례의 관계성

한국 4개 병원의 스마트 의료환경 사례 건수는 Sa 47건, Bu, 40건, Ko 24건, Yo 19건으로 수집되어 전체 130건으로 나타난다. 수집된 사례 건수를 대상으로 스마트 의료환경에 대해 나타난 그래프를 [표 2]에서 보여주고 있다.

Sa 산점도에서 보면 y축 스마트 의료기술이 고루 분산되며, 특히 로봇화, 원격화에서 가장 높게 나타난다. 이는 z축 효과에서는 최적진료 지원을 위한 미래혁신기술과 관리 효율성, 일부 자원관리와 관계성을 나타낸다. x축에서는 병동부, 수술실·치료실, 검사실 등에서 미래혁신기술, 공용부, 휴게실, 행정부, 전기, 조명 등에서 원격기술과 공간관리 폐기물관리 등, 친환경기법이 적용되고 있다. 데이터와 지능형을 통해 질병 예측, 수술실 등에서 로봇수술과 회진로봇V, 물류로봇 등 혁신기술의 도입이 진행되고 있다.

행정업무를 줄이고, 검사실 및 진료부문에서 지능형 AI를 이용하여 질병예측, 로봇수술, 물류로봇 사용, 원격모니터링, 공간 디지털 트윈, 건물관리, 화재관리, 에너지 탄소절감 등 친환경기법 등이 스마트 기술로서 활용되고 있다.

Bu 산점도에서 보면 y축 스마트 의료기술이 고루 분산되며, 특히 로봇화, 원격화에서 높게 나타난다. 이는 z축 효과에서는 최적진료 지원을 위한 미래혁신기술과 관리 효율성의 관계성을 나타낸다. x축에서는 병동부, 중환자실, 수술실·치료실, 검사실 등에서 미래혁신기술과 원격화, 에너지, 전기 등에서 운영 효율성을 도모하고 있다. 중환자실 등에서 원격모니터링, 외래환자 원격 모니터링 등 원격기술이 진행되고 있다.

행정업무를 줄이고, 검사실 및 진료부문에서 지능형 AI를 이용하여 질병예측 및 환자관리, 중환자실 원격모니터링을 통한 중증도 관리, 로봇수술, 물류로봇 사용, 에너지 탄소절감 등 친환경기법, 수술실 기구 RFID 관리 등이 스마트 기술로서 활용되고 있다.

Ko 산점도에서 보면 y축 스마트 의료기술은 고루 분산되며 특히 정보IT 기술에 집중되고 있다. z축에서는 환자안전 효과와 미래혁신기술에 관계성을 나타낸다. x축에서는 병동부, 중환자실, 수술실·치료실 등에서 신기술이 활용되고 장비, 의약품에서는 정보화 및 예측기술에 적용되고 있는 것으로 나타난다.

환자관리 모바일, 검사실 환자데이터 이용 지능형 AI를 이용하여 질병 및 행태예측, 로봇수술, 물류로봇, 환자 의료진 교육 VR·AR 교육실 활용, 건물 디지털트윈 구축, 채광 등 에너지 절감 노력 등이 스마트 기술로서 활용되고 있다.

Yo 산점도에서 보면 y축 스마트 의료기술이 고루 분산되며 이는 z축에서 혁신기술과 관리 효율화와 관계된다. x축에서는 병동부와 중앙진료부, 장비와 의약품 등에서 스마트 의료환경이 적용되고 있다.

병원 간 데이터 표준화, 실시간 네트워킹 서비스, 검사실 질병예측, 로봇수술, 물류로봇, 의료진 교육 VR 활용, 지역사회 노인 원격모니터링, 자동 주사제, 디지털치료제, 재생에너지 사용 등이 스마트 기술로서 활용되고 있다.

3.3 미국과 한국 병원 사례의 관계성

미국 4개 병원과 한국 4개 병원의 스마트 의료환경 사례를 종합하여 살펴 보면 다음과 같다.

미국 병원의 산점도에서 보면 y축 스마트 의료기술이 고루 분산되며 특히 기계화에 대한 로봇화·AR, 원격화 등에서 밀도가 높다. 이는 z축에서는 환자안전, 혁신기술, 효율적인 운영과의 관계성이 높게 나타난다. x축에서는 수술실·치료실, 검사실 등과 장비 및 등에서 스마트 의료환경이 높게 적용되고 있는 것으로 나타난다.

데이터를 이용한 정보화 지능형에서 질환이나 질병을 예측하고, 수술실에 홀로그램도입, AR도입 등 로봇보조수술에서 새로운 기술로 혁신하고 있으며, 3d 프린터를 이용하여 모델링하여 모의수술을 진행하고 있다. 또한 환자 유전자정보 구축하여 신생아중환자실 경우 질환 예측하거나, 원격진료를 활용하며, 드론을 이용하여 혈액, 의약품 수송 전달 등이 스마트 기술로서 활용되고 있다. 의료진 VR을 이용한 교육 및 5G 병원의 스마트 환경 구축 등이 나타나고 있다. Br, Jo, CI 세 개 병원이 스마트 환경 구축의 내용 정도에 비해 Or병원에서는 차이가 있어 보인다.

한국 병원의 산점도에서 보면 y축 스마트 의료기술이 고루 분산되며, 특히 정보화, 로봇화, 원격화에서 가장 높게 나타난다. z축 효과에서도 고르게 분산되며, 환자안전, 혁신기술, 운영 효율성과 관계성을 나타낸다. x축에서는 병동부, 수술실, 치료실, 검사실 등에서 미래혁신기술, 공용부, 휴게실, 행정부, 전기, 조 명 등에서 혁신기술과 원격기술이 적용되고 있다. 데이터와 지능형을 통해 질병 예측, 수술실 등에서 로봇수술과 병동부에서 회진로봇, 물류로봇 등 혁신기술의 도입이 진행되고 있다.

행정업무를 줄이고, 검사실 및 진료부문에서 지능형 AI를 이용하여 질병예측, 로봇수술, 물류로봇 사용, 원격모니터링, 공간 디지털 트윈 등이 스마트 기술로서 활용되고 있다.

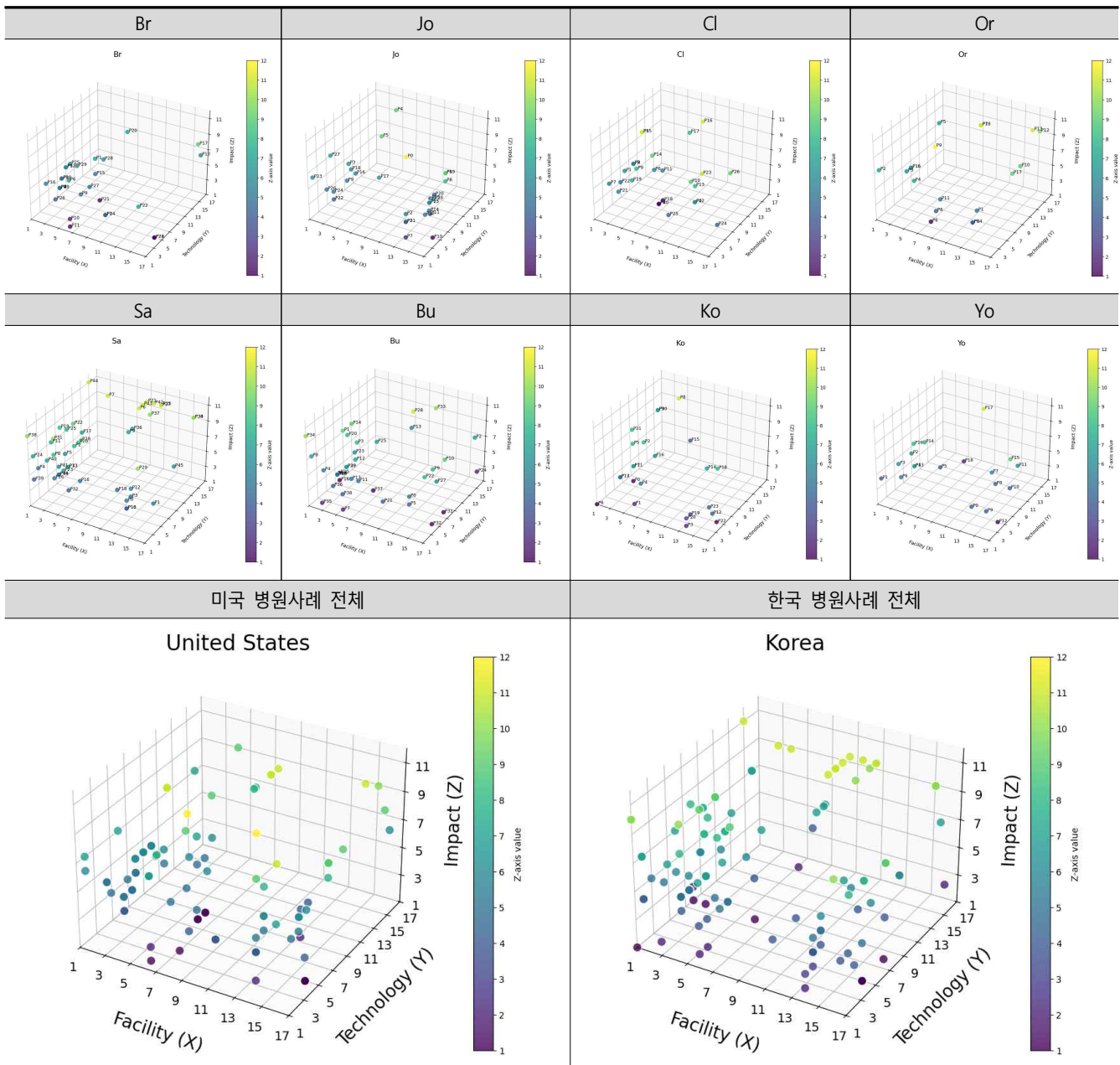
4. 스마트 의료환경과 시설 공간

4.1 미국 병원 사례의 시설 공간

미국 병원 4개 사례의 스마트 의료환경과 관계되는 시설공간 요구를 살펴보고자 한다. [표 3]에서는 병원 사례에 대해 스마트 의료환경 데이터와 관계된 시설공간축(x축), 스마트기술축(y축), 효과축(z축)을 앞, 중간, 후 순서로 막대그래프를 이용하여 나타 낸 것이다. 또한 막대그래프 상부값은 데이터 수집 건수이다.

Br 병원의 관련 시설은 수술실, 치료실, 검사실, 그리고 의료 장비 및 의약품 등으로 주로 나타나고 있다. 수술실에서는 로봇 수술, 증강현실을 이용한 수술, 수술실-MRI-Pet CT 등이 연결되

[표 2] 미국과 한국 병원 사례의 관계성

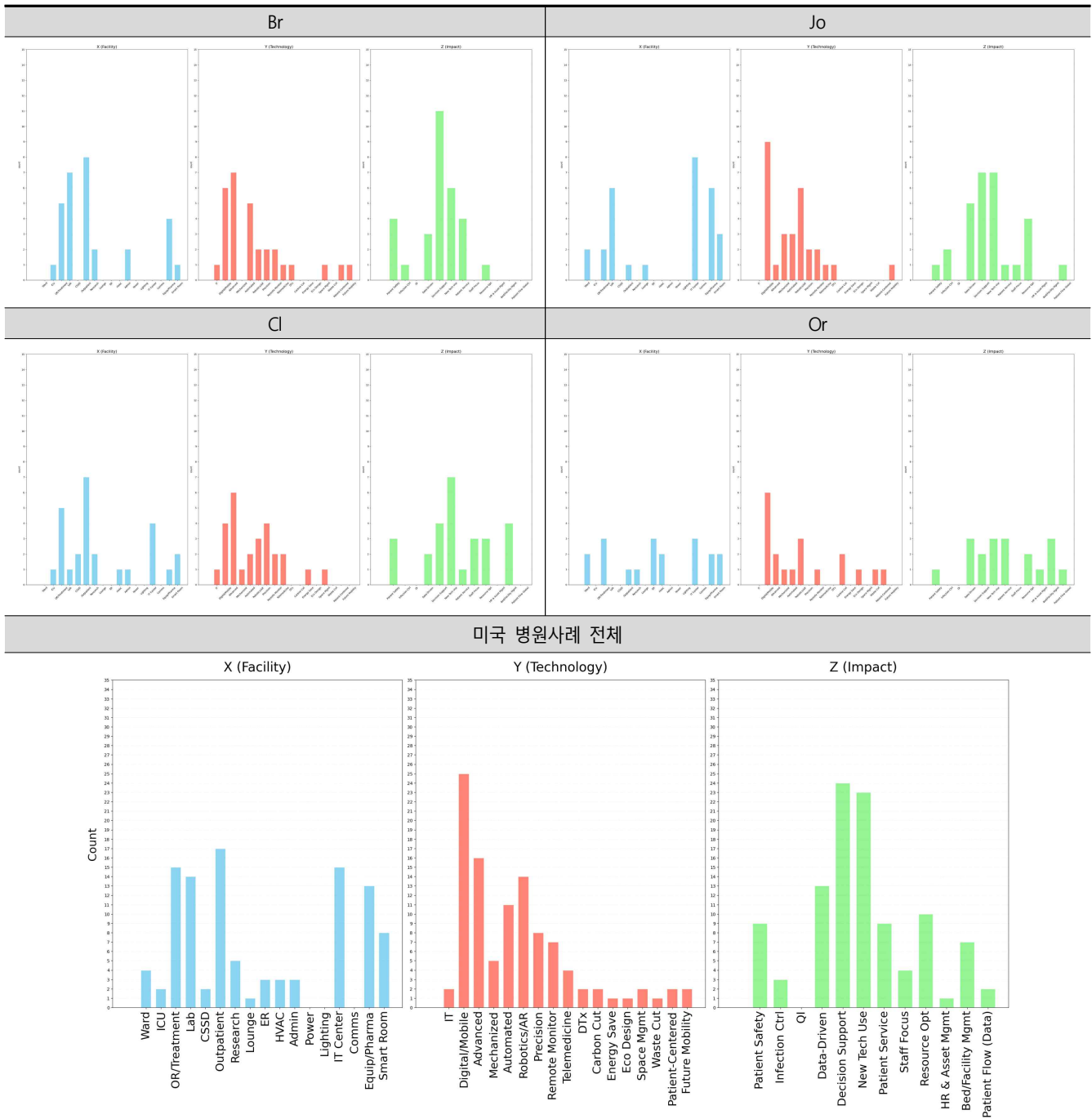


참조: 위의 표는 데이터 수집을 바탕으로 작성되었음, [표 2]에서 축의 숫자는 [표 3] [표 4] 아래 조사 항목을 나타냄

는 수술실 등 새로운 수술 방법에 대한 혁신기술이 시도되고 있다. 로봇보조수술이 이루어지는 수술실의 경우 로봇팔, 모니터, 콘솔 위치 등으로 배치에 대한 어려움과 수술 중 이동을 고려하여 충분한 크기를 확보하도록 요구하고 있다. 또한 5G통신을 통해 지연시간 차이를 없애고, 증강현실을 통해 수술을 지원하고 있다. 의료장비는 소형화하더라도 이동시 발생하는 FD(Flow Disruptions) 수술중단에 영향을 주게 된다(Kanji etc. 2021). 수술실-MRI-Pet CT 등이 연결되는 하이브리드 수술실의 경우에는 해부학적 구조영상과 대사정보를 결합하는 영상유도 수술실

(Image-Guided Operating Room)로서 일반수술실의 2배크기가 요구된다(Nollert etc., 2012). 3d 프린팅을 이용하여 장기를 모델링하고 이를 모의수술에 활용하거나, 3d bioprinting을 통해 인공 장기를 제작하고 적용하므로 수술 관련 공작실 등도 요구된다. 검사실에서는 검체 진단이나 병리 자료, 영상 자료 등에 대해 데이터화하고 인공 지능을 이용하여 검사시 질환을 예측하고 진료에 대한 의사결정을 지원하게 된다. 많아지는 데이터와 활용에 대한 관리가 요청된다. 항암주사제 조제 로봇, EHR연동 인퓨전 펌프 등 장비 사용이 많아지므로 안전거리 확보가 요구된다.

[표 3] 미국 병원 사례의 시설공간, 스마트기술, 효과 그래프

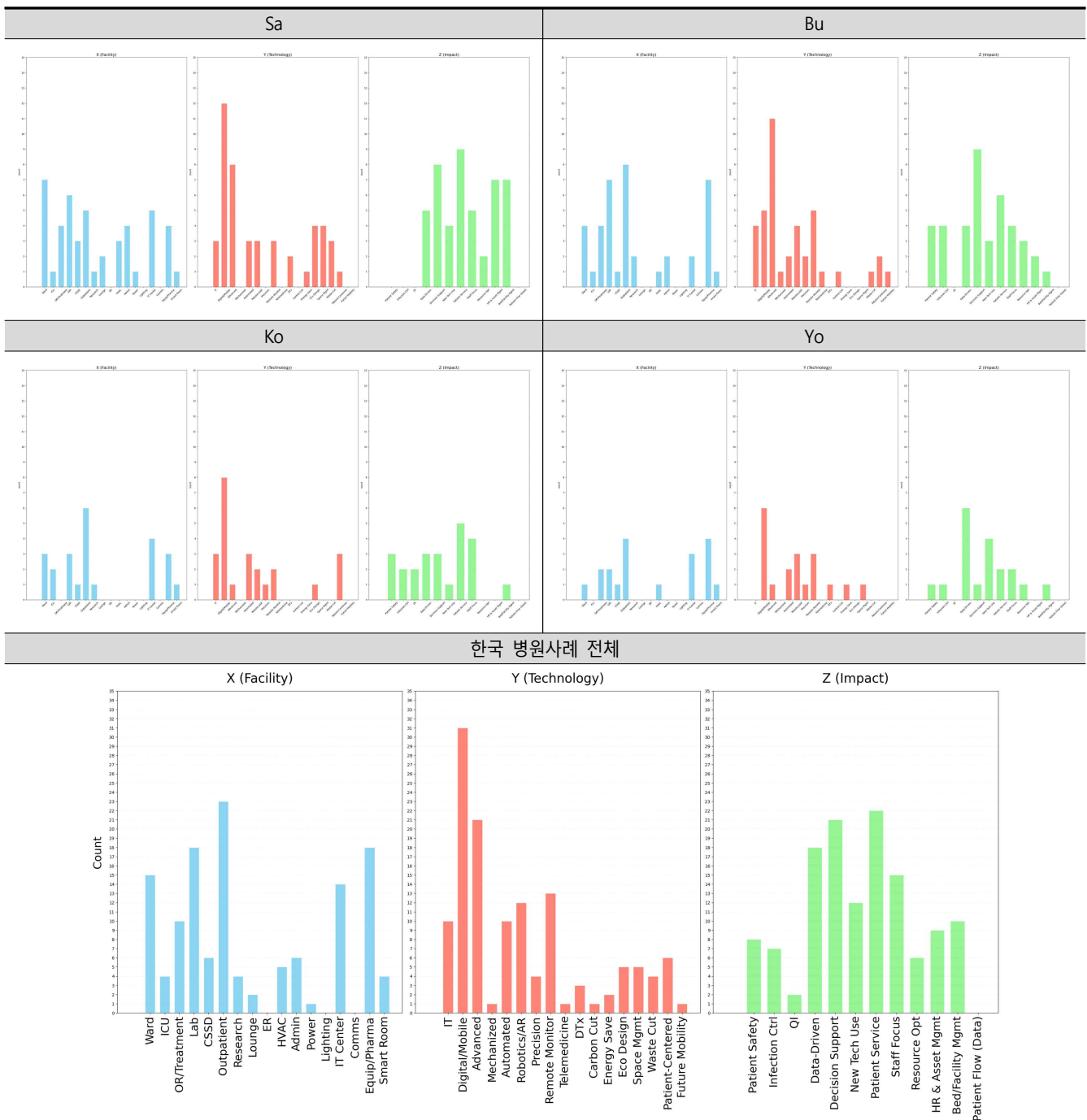


참조: 위의 표는 데이터 수집을 바탕으로 작성되었음, [표 3] 아래 조사 항목은 [표 2]에서 X축 Y축 Z축의 숫자를 나타냄

Jo 병원의 관련 시설은 정보통합센터, 검사실, 의료 장비 및 의약품 그리고 스마트실 등으로 주로 나타나고 있다. 정보통합 센터를 통한 정보상황실이 설치되고, 원격진료서비스를 제공한다. 검사실에서는 자료화하고 인공지능을 이용하여 질병예측을 지원하므로 데이터 관리가 요청된다. 로봇수술과 증강현실을 이용한 수술실, 의료인 훈련을 위한 VR 강의실, 협진 가능한 스마트룸과 대쉬보드 등이 요구되며 다양한 기술적 지원이 요구 된다.

CI 병원의 관련 시설은 수술실·치료실, 외래, 정보센터 등으로 주로 나타나고 있다. 수술실에서는 로봇 수술, 증강현실을 이용한 수술, 영상유도 수술실(Image-Guided Operating Room)로서 수술실 규모와 기술적 지원이 요청된다. 또한 초음 파를 이용한 치료기 사용도 이루어지고 있다. 외래에서는 원격 의로서비스를 지원하므로 환자데이터의 공유가 이루어진다 (Khaleghi ,etc.,2020). 정보센터를 통해 디지털 트윈, 모바일 앱 사용 등을 관리하고 있다.

[표 4] 한국 병원 사례의 시설공간, 스마트기술, 효과 그래프



참조: 위의 표는 데이터 수집을 바탕으로 작성되었음, [표 4] 아래 조사 항목은 [표 2]에서 X축 Y축 Z축의 숫자를 나타냄

Or 병원의 관련 시설은 수술실·치료실, 응급부, 정보센터 등으로 주로 나타나고 있다. 수술실에서는 로봇 수술, 응급부에서는 과밀화 또는 경증환자 쓸림을 관리하여 일반병상으로 이동하도록 지원하고, 환자흐름을 예측하고 지원하여 운영 효율성을 정보센터를 통해 관리하고 있다.

4.2 한국 병원 사례의 시설 공간

한국 병원 4개 사례의 스마트 의료환경과 관계되는 시설을 [표 4]에서 살펴보고자 한다.

Sa 병원의 관련 시설은 병동부, 검사실, 외래, IT센터 순이며, 수술실, 행정실, 의료장비가 동일하게 나타난다. 병동부에는 병실에 회전로봇, 물류로봇, 너싱카드 로봇, 의료장비 태그 등 의료진 업무집중 향상을 위한 지원이 이루어지므로 통로의 여유가 요구된다. 검사실의 데이터를 지능형과 결합하여 진료과정에서 질병 예측을 통해 의사결정을 지원하며 이에 데이터 관리가 요구된다. 외래에서는 안내로봇, 모바일 앱이 지원되므로 여유있는 통로 확보가 요청된다(김세련 외, 2020). IT 센터에서는 종합통제실로 이루어지며 의료서비스지원뿐만 아니라 건물관리, 화재관리, 설비관리 등 시설관리 등이 이루어지므로 함께 고려되어야 한다.

Bu 병원의 관련시설은 외래부, 검사실, 의료장비 순서로 나타나며 병동부와 수술실이 동일하게 나타난다. 외래에서는 원격진료서비스를 지원하고, 안내키오스크, 모바일 앱 등을 통해 환자 방문을 지원하고 있다. 검사실에서는 자료화하고 인공지능을 이용하여 질병예측을 지원하므로 데이터 관리가 요청된다. 의료장비·의약품에서는 보행보조 로봇, 항암주사제 조제로봇, EMR 연동 자동 주사기 등 일상에서 사용하는 장비 및 활동을 지원하는 기구가 적용되고 있다. 장비가 더해지고 모니터링하는 상황판이 배치되고 있다. 병동부와 수술실에서는 로봇의 적용으로 여유있는 통로 또는 실의 확보가 요청된다.

Ko 병원의 관련 시설은 외래부, IT센터의 순서이고, 병동부, 검사실, 의료장비가 동일하게 나타난다. 외래에서는 디지털 트윈, 진료실 안내, 모바일 앱을 이용하고 있으며, IT센터에서 통합관리가 이루어진다. 병동부에서 물류로봇, 병실 냉난방 개별제어, 격리환자 홀로그램이용 면회 등이 진행되며, 검사실 예측모델 개발로 데이터 관리가 요구된다.

Yo 병원의 관련 시설은 외래부, 의료장비 및 IT 센터 순이다. 외래부에서는 모바일 앱 예약, 지역 재택환자 원격모니터링, 디지털 혈당관리서비스 등을 적용하고, 자동인류전펄프 등 의료정비를 활용하고 있다.

4.3 미국과 한국 병원 사례의 시설 공간 요구

미국 병원의 관련 시설은 외래부, 수술실·치료실, IT센터, 검사실, 의료장비·의약품의 순서로 나타난다. 한국 병원의 관련 시설은 외래부, 검사실, 의료장비·의약품, 병동부, IT센터의 순서로 나타난다. 두 개 나라에서 사례를 보면 외래부, 검사실, 의료장비·의약품 및 IT센터 등에서 스마트 의료환경의 활용이 주요

하게 이루어지고 있는 것으로 나타난다. 외래부에서 환자 출입이나 동선을 지원하는 모바일 앱, 원격진료지원서비스 등을 살펴볼 수 있다. 검사실에서는 지능형 데이터 처리를 통한 예측모델로서 데이터 관리와 활용을 기대할 수 있다. IT센터에서는 종합관리체제로서 EMR, 데이터, 환자흐름, 건물, 공간, 화재, 재난 등 상황관리가 요구된다. 차이점으로는 미국에서는 수술실·치료실의 스마트화 빈도가 높은 반면 한국에서는 병동부의 스마트화가 높은 것으로 나타나고 있다. 미국에서는 수술실에서 첨단 혁신기술을 통해 환자안전과 의료 질 향상을 만들어 가고 있으며, 한국에서는 병동부에서 환자 일반 치료공간 스마트화와 의료진 업무집중 향상을 통해 환자 만족과 의료 질 향상을 확보하고 있는 것으로 나타난다(백영제, 2023).

5. 결론

본 연구는 의료기관 건립 시에 스마트 의료환경에 대한 요구 지침이 제시되고 있어 스마트 의료환경에서 고려해야 하는 시설 공간에 대해 파악해 보고자 하였다. 미국과 한국 병원 8개 사례를 대상으로 스마트 의료환경 데이터를 수집하여 분석하였다.

1) 환자안전과 의료서비스 품질을 위한 스마트 의료환경에 대해 스마트 의료기술과 효과성, 그리고 스마트 의료활동 시설 공간으로 분류하여 데이터를 조사한다. 스마트 의료기술은 의료IT기술 정보화·지능화, 의료공학기술 로봇·정밀화, 통신기술 원격화, 미래기술로서 친환경 등으로 구성한다. 스마트의 효과성으로 환자안전, 미래혁신기술, 운영자원 효율화이다. 시설공간으로는 병동부, 수술실·치료실, 검사실, 외래부, 행정부, IT센터, 의료장비·의약품, 스마트룸 등이다.

2) 스마트 기술, 효과 및 공간의 관계성을 보면 미국 병원의 경우 스마트 의료기술이 고루 분산되며 특히 기계화에 대한 로봇화·AR, 원격화 등에서 밀도가 높다. 또한 효과로는 환자안전, 혁신기술, 효율적인 운영과의 관계성이 높으며, 시설공간에서는 수술실·치료실, 검사실, 의료장비·의약품 및 스마트룸 순서로 스마트 의료환경이 높게 적용되고 있는 것으로 나타난다. 한국 병원에서도 스마트 의료기술이 고루 분산되며, 특히 정보화, 로봇화, 원격화에서 가장 높게 나타난다. 효과로는 환자안전, 혁신기술, 효율적인 운영과의 관계성이 높으며, 시설공간에서는 병동부, 수술실·치료실, 검사실 등에서 미래혁신기술, 공용부, 휴게실, 행정부, 전기, 조명 등에서 혁신기술과 원격기술이 적용되고 있다.

3) 스마트 기술 활동 공간으로는 미국 병원의 경우 외래부, 수술실·치료실, IT센터, 검사실, 의료장비·의약품의 순서로 나타난다. 한국 병원의 경우에도 외래부, 검사실, 의료장비·의약품, 병동부, IT센터의 순서로 나타난다. 공통으로 외래부, 검사실, 의료장비·의약품 및 IT센터 등에서 스마트 의료환경의 활용이 주요하게 이루어지고 있는 것으로 나타난다.

4) 두 개 나라의 차이로는 미국에서는 수술실·치료실의 의료공학기술 스마트화 높은 반면 한국에서는 병동부의 일반 환자

치료공간 스마트화가 높은 것으로 나타난다. 공통으로 외래부에서 환자 출입이나 동선을 지원하는 모바일앱, 원격진료지원 서비스 등을 살펴볼 수 있고, 검사실에서는 지능형 데이터 처리를 통한 예측모델로서 데이터 관리와 활용을 기대할 수 있다. IT센터에서는 종합관리체제로서 EMR, 데이터, 환자흐름, 건물, 공간, 화재, 재난 등 상황관리가 요구된다.

5) 의료IT기술 정보화 지능형 또는 정보통신 원격화에서는 데이터 서버, 5G가 요구되고, 의료공학기술 로봇수술, 하이브리드수술 등에는 대형 공간에 대한 요구가 높다. 국내 병동부 경우에는 의료진 업무집중을 위해 물류, 회진, 이동로봇으로 통로 확보가 요구된다. 그리고 VR활용 교실, 스마트 회의실, 지속가능한 저영향기법을 통해 여유있는 친환경 디자인 방안들이 모색되고 있다.

스마트 의료환경 구축은 환자안전에서 시작되어 품질향상, 의료서비스 향상으로 확산되어 가고 있다. 의료기관마다 스마트에 대한 가이드라인 또는 단계를 설정하는 것이 시설공간 구성을 합리적으로 적합하게 풀어나가는 방안이 될 것으로 판단된다. 이에 후속 연구에서는 국내 병원을 대상으로 스마트 의료기술과 시설공간 및 설비를 중심으로 보다 소요 장비 규격, 설비 등 세부적인 접근을 통해 스마트 의료환경 단계별 시설설비 방안을 모색해 볼 수 있을 것이다.

사사: 본 연구는 2025년도 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었음(RS-2023-00208642)

참고문헌

공현중, 권혁태, 이호영, 차원철, 2021, "스마트 병원 서비스 국외 사례의 시사점", KOSMI ISSUE REPORT, 1-23

김선경, 최종명, 문지현, 최소은, 이영호, 2020, "의료취약 지역의 응급환자를 위한 확장현실 기반 원격의료 기술 동향", 정보과학회지, 38(5) 27-35

김세련, 이현성, 이재규, 2020, "스마트병원의 의료 서비스스케이프 디자인 특성 요소에 관한 연구-서울아산병원 병동 내 공공공간을 중심으로", 한국공간디자인학회 논문집, 15(1): 167-180

백영제, 2023, "THICK data", 교보문고

송수연, 2025, "한국 병원 17곳 '세계 최고 스마트병원'...아시아 최다", 청년의사, 2025. 09.24, (주)청년의사, 서울

신광수, 2021, "스마트시티와 함께 가속화되는 스마트헬스케어 기술", KIFE Magazine (전력전자학회지), 26(4):36-40

David Allison, D.; Machry, H.; Joseph, A., 2021, "Artigo Perspectivas para projetos a partir de uma iniciativa de pesquisa sobre salas de cirurgias ambulatoriais nos Estados Unidos", IHP Magazine, 05, 64-82

Institute of Medicine, 1999, "To err is human: building a safer health system", Washington (DC): National Academies Press (US).

Institute of Medicine, 2012, "Health IT and Patient Safety: Building Safer Systems for Better Care", Washington, DC: The National Academies Press. p. 31

Kanji, F.; Cohen, T.; Alfred, M.; Caron, A.; Lawton, S.; Savage, S.; Shouhed, D.; Anger, J.; Catchpole, K., 2021, "Room Size Influences Flow in Robotic-Assisted Surgery", Int. J. Environ. Res. Public Health 18

Khaleghi, Ali; Mohammadi, R. Mohammad; Jahromi, P. Gila; Zarafshan, Hadi, 2020, "New Ways to Manage Pandemics: Using Technologies in the Era of COVID-19: A Narrative Review", Iranian J Psychiatry 15: 3

Nollert, G.; Hartkens, T.; Figel, A.; Bulitta, C.; Altenbeck, F.; Gerhard, V., 2012, "The Hybrid Operating Room", Special Topics in Cardiac Surgery, 73-105

Reason, James, 2000, "Human error: models and management. West J Med", 172(6): 393-6.

Singh, Hardeep; Sittig, F. Dean, 2016, "Measuring and improving patient safety through health information technology": The Health IT Safety Framework, BMJ Qual Saf 25, 226-232.

Tanner, C.; Gans, D.; White, J.; Nath, R.; Pohl, J., 2015, "Electronic Health Records and Patient Safety", Applied Clinical Informatics, 6: 136-147

접수 : 2026년 1월 19일

1차 심사완료 : 2026년 2월 5일

게재확정일자 : 2026년 2월 24일

3인 익명 심사 필

